



**Universidade Federal de Pernambuco  
Centro de Informática  
Bacharelado em Sistemas de Informação**

**Pedro de Brito Cavalcanti Neto**

**EXPANSÃO DO UNIVERSO DIGITAL: RELAÇÕES DA INTELIGÊNCIA  
ARTIFICIAL - IA COM A FORÇA DE TRABALHO**

**Trabalho de Graduação**

**Recife**

**2017**

**Pedro de Brito Cavalcanti Neto**

**EXPANSÃO DO UNIVERSO DIGITAL: RELAÇÕES DA INTELIGÊNCIA  
ARTIFICIAL - IA COM A FORÇA DE TRABALHO**

Trabalho de graduação apresentado à banca examinadora composta pelos professores José Carlos Cavalcanti e Carla Silva como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Sistemas de Informação no Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco.

Orientador: José Carlos Cavalcanti

**Recife**

**2017**

**Pedro de Brito Cavalcanti Neto**

**EXPANSÃO DO UNIVERSO DIGITAL: RELAÇÕES DA IA COM A FORÇA DE  
TRABALHO**

Trabalho de graduação apresentado à banca examinadora composta pelos professores José Carlos Cavalcanti e Carla Silva como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Sistemas de Informação no Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco.

Aprovado em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

José Carlos Cavalcanti

---

Carla Silva

---

**Recife  
2017**

## **Agradecimentos**

Gostaria de agradecer a toda minha família.

Sou grato ao Centro de Informática por proporcionar inúmeras oportunidades de conhecimento e aprendizado durante estes anos no qual estive como discente e a todos os professores que me ajudaram a construir todo conhecimento que tenho na área. Em especial a meu orientador, José Carlos Cavalcanti, que contribuiu muito para que eu enxergasse o mundo tecnológico com outros olhos, não apenas durante a execução deste trabalho, mas também durante as disciplinas nas quais tive a honra de tê-lo como professor.

Por fim gostaria de agradecer a todos os amigos que de alguma forma também contribuíram para a conclusão desta etapa.

*“Qualquer coisa que contradiga a experiência e a lógica deve ser  
abandonada.”  
— Dalai Lama*

## Resumo

Transformações tecnológicas disruptivas sempre moldaram a dinâmica de das organizações, da sociedade e dos governos. Uma revolução em curso, orientada pela Inteligência Artificial - IA, desafia a economia e as relações do emprego de maneira até então não percebida em anteriores ondas de automação, devido a sua singularidade na capacidade de romper com modelos tradicionais de geração de riqueza e aumento de produtividade. Este fenômeno tem acirrado competitividade global, e, ao mesmo tempo, faz emergir questões como a marginalização do trabalho humano, trazendo desafios não só para os trabalhadores, como também para organizações, onde ambos serão moldados para se adequarem ao novo modelo de crescimento econômico. Diante dos avanços graduais em IA potencializando, consequentemente, impactos sociais no âmbito da força de trabalho humano, este trabalho procurou investigar o direcionamento do uso intensivo dos avanços tecnológicos e áreas adjacentes à IA, e de que maneira as ferramentas por eles geradas impactam na forma como as organizações contratam mão de obra. Mais precisamente, caracteriza-se oportuno uma análise de, o quão esses avanços tecnológicos afetam o trabalho humano nas organizações, ou seja, se eles (os avanços) são complementares ou substitutos do trabalho humano. Uma vez que o potencial de automação para assumir um setor ou ocupação reflete no “*trade-off*” de um conjunto de fatores.

Palavras chave: Inteligência Artificial, Automação, Força de trabalho.

## **Abstract**

Disruptive technological transformations have always shaped the dynamics of organizations, society, and governments. An ongoing revolution, guided by Artificial Intelligence - AI, challenges the economy and employment relationships in a way not perceived in previous automation waves, due to its uniqueness in breaking away from traditional models of wealth generation and productivity. This phenomenon has exacerbated global competitiveness, while at the same time raising issues such as the marginalization of human labor, bringing challenges not only for workers, but also for organizations, where both will be shaped to adapt to the new model of economic growth. In the face of the gradual advances in AI, thus enhancing social impacts within the human workforce, this work sought to investigate the direction of the intensive use of technological advances and areas adjacent to AI, and how the tools generated by them impact in the way how organizations hire labor. More precisely, an analysis of how technological advances affect human work in organizations, that is, whether they (the advances) are complementary or substitutes for human labor, is timely. Since the potential of automation to assume a sector or occupation reflects in the "trade-off" of a set of factors.

Key words: Artificial Intelligence, Automation, Workforce.

## Lista de Ilustrações

Ilustração 1: As taxas totais de fertilidade global.

Ilustração 2: A taxa marginal de eficiência do capital (em %, média móvel de 6 anos)

Ilustração 3: Desde a década de 1980, o crescimento do PIB diminuiu em grandes economias

Ilustração 4: Modelo de crescimento adaptado (Modelo de Crescimento IA) de crescimento tradicional que inclui IA como novo fator de produção

Ilustração 5: Três cenários de crescimento. AI como um novo fator de produção pode levar a oportunidades de crescimento significativas para a economia dos Estados Unidos

Ilustração 6: Progresso na captura de valor, através do uso de análise de dados pelas organizações

Ilustração 7: Maiores impactos do uso de AM em vários setores da indústria, e seus casos de uso

Ilustração 8: Três mais significativos desafios para as organizações ao buscarem objetivos de dados e analítica

Ilustração 9: Modelo de Aprendizado Profundo

Ilustração 10: Evolução do emprego americano em quatro tipos de ocupação

Ilustração 11: A evolução da taxa de desemprego para os quatro grupos ocupacionais

Ilustração 12: Níveis de produtividade e renda nos EUA

Ilustração 13: Trajetória das taxas de emprego nos EUA por tipo de emprego

Ilustração 14: Expectativa dos trabalhadores em relação à substituição ou não das suas posições de trabalho

Ilustração 15: Trabalhadores que realizam trabalhos físicos ou manuais e suas preocupações sobre uma série de ameaças iminentes de emprego

Ilustração 16: Viabilidade Técnica de automação de atividades de trabalho

Ilustração 17: Viabilidade Técnica de automação (em %)

Ilustração 18: Viabilidade técnica da automação por vários tipos de atividades nos setores industriais

Ilustração 19: Uma estratégia de transformação eficaz de adoção de analítica pode ser dividida em vários componentes

## **Lista de Tabelas**

Tabela 1: Principais *drivers* tecnológicos causadores de mudança de acordo com líderes da indústria

## **Lista de abreviaturas e siglas**

IA - Inteligência Artificial

AM - Aprendizado de Máquina

AP - Aprendizado Profundo

PLN - Processamento de Linguagem Natural

TI - Tecnologia da Informação

CC - Ciência da Computação

## Sumário

<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
MOTIVAÇÃO	14
OBJETIVOS	14
ESTRUTURA DO DOCUMENTO	16
<b>EXPANSÃO DO UNIVERSO DIGITAL</b>	<b>17</b>
A OPORTUNIDADE DO USO DA TECNOLOGIA	19
NOVO FATOR DE PRODUÇÃO	22
O ATUAL ESTADO DA IA E SUA RELAÇÃO COM A FORÇA DE TRABALHO	26
COMO A IA PODE SER IMPLEMENTADA NA FORÇA DE TRABALHO	27
APRENDIZADO DE MÁQUINA	28
APRENDIZAGEM PROFUNDA	32
CANAIS DE CRESCIMENTO IMPULSIONADOS PELA IA	35
AUTOMAÇÃO INTELIGENTE	35
AUMENTO DE MÃO DE OBRA E CAPITAL	36
DIFUNDINDO INOVAÇÃO	37
<b>TECNOLOGIA MUDANDO O EMPREGO</b>	<b>39</b>
TRABALHOS FÍSICOS SÃO PARA MÁQUINAS	39
NOVA REVOLUÇÃO	42
POTENCIAL TÉCNICO DE AUTOMAÇÃO	49
AS ATIVIDADES MAIS AUTOMATIZADAS	53
FAIXA INTERMEDIÁRIA DO POTENCIAL DE AUTOMAÇÃO	57
ATIVIDADES COM BAIXO POTENCIAL PARA AUTOMAÇÃO	58
<b>TENDÊNCIAS NA RELAÇÃO DA IA COM FORÇA DE TRABALHO</b>	<b>60</b>
FUTURO COM ORGANIZAÇÕES AUTOMATIZADAS POR IA	60
NOVA GERAÇÃO DE TRABALHOS NA ECONOMIA DA IA	62
<b>CONCLUSÃO</b>	<b>64</b>
TRABALHOS FUTUROS	65
<b>Apêndice A - Breve História da IA</b>	<b>67</b>
<b>Apêndice B: Modelo transformativo para aplicação de análise de dados</b>	<b>69</b>
<b>Referências e Bibliografia</b>	<b>72</b>

## 1.INTRODUÇÃO

Os avanços crescentes nas áreas de Inteligência Artificial (IA)<sup>1</sup>, Aprendizado de Máquina (AM), Aprendizado Profundo (AP) e Processamento de Linguagem Natural (PLN) têm possibilitado a emergência de uma infinidade de tecnologias *mainstream* proporcionando impacto substancial na vida cotidiana, tanto social quanto economicamente [1].

Um dos setores, em que o uso desses avanços tecnológicos têm levantado questões importantes, é aquele relacionado à força de trabalho. Aperfeiçoamentos tecnológicos relacionados ao trabalho têm o escopo de reduzir o esforço humano. Porém, paradoxalmente, cada vez mais, esses mesmos desenvolvimentos caracterizam-se pela substituição do trabalho humano. Este fato cria para o desenvolvimento tecnológico o desafio de superar os receios de marginalização dos seres humanos em relação ao emprego.

O uso de tecnologias para automatizar trabalhos sempre esteve associado ao aumento da produtividade, e, conseqüentemente, aumento da riqueza, uma vez que, tradicionalmente, conjugado ao aumento de fatores de produção, como investimentos de capital e de força de trabalho, levaria ao crescimento econômico [2]. No entanto, essa abordagem serviu apenas para tecnologias do século passado.

---

<sup>1</sup> Para os fins deste trabalho, existem dois enfoques distintos para IA que rendem diferentes resultados, mas que os mesmos serão tratados intercambiavelmente. O primeiro é o conceito de *Artificial Intelligence* – AI (ou Inteligência Artificial- IA) como sendo o campo da Ciência da Computação que estuda *agentes inteligentes*, entidades autônomas que podem observar o ambiente e atuar para alcançar seus objetivos, apresentando também a capacidade de aprender ou usar conhecimento para maximizar suas chances de sucesso ao atingir seus objetivos [3]. Os agentes inteligentes são frequentemente descritos esquematicamente como um sistema funcional abstrato semelhante a um programa de computador, a ideia é de que, ao reproduzir a cognição humana, permite que aquele sistema funcione autônoma e efetivamente em um dado domínio, percebendo o ambiente e tomando ações [3]. Um sistema de AI demonstra uma categoria de intencionalidade – ele inicia ações em seu ambiente e persegue metas [4].

Já o conceito de *Intelligence Augmentation* – IA (ou Aumento da Inteligência - AI), por outro lado, é o aumento da capacidade do homem para abordar situações de problemas complexos, obtendo compreensão para suas necessidades específicas e derivar soluções para problemas, através da possibilidade de obter um grau útil de compreensão em uma situação que anteriormente era muito complexa [5]. A ideia é de um sistema computacional dá suporte ao pensamento humano, à análise, e ao planejamento, deixando a intencionalidade do ator humano no coração da interação homem-computador [4]. Por conta do fato de que a *intelligence augmentation* focaliza na interação de humanos e computadores, mais do que em computadores sozinhos, ela é também referida como *Human-Computer Interaction* – HCI [4].

O estado atual de globalização e da expansão de tecnologias digitais molda cada vez mais as organizações, ditando novos níveis de competitividade, fazendo-se necessário evoluir constantemente. Dessa forma, as organizações atualmente estão diante de um novo fator de produção (o uso de IA e tecnologias adjacentes), que têm o potencial de transformar as bases do crescimento econômico, superando as limitações do capital e da força de trabalho, abrindo assim, novas fontes de valor e crescimento.

O avanço do uso contínuo dessas tecnologias pode também afetar o trabalho de diversas formas, como por exemplo: a) reduzindo a demanda para certas habilidades que possam ser facilmente automatizadas (caracterizando a substituição da força de trabalho); b) aumentando a demanda de habilidades que são complementares com a IA (a força de trabalho é complementada pela tecnologia). Esses fatos podem gerar efeitos negativos em trabalhos com salários mais baixos, geralmente caracterizados por atividades facilmente automatizáveis [6]. Com isso há o risco de que a automação dirigida por IA aumente ainda mais a diferença salarial entre os trabalhadores mais e os menos qualificados, a depender das suas várias áreas de atuação, sujeitas a diferentes potenciais de automação [7]. Essa disparidade cada vez maior nos salários entre os trabalhadores só aumenta potencialmente a desigualdade econômica.

Decisões sociais e políticas têm importantes papéis na influência da IA sobre tendências no emprego e na força de trabalho. Mecanismos seguros são necessários para garantir e proteger os trabalhadores de possíveis mudanças estruturais na economia e nas relações de trabalho, pois não se sabe ainda se esses novos avanços têm potencial de substituir ou complementar o trabalho humano. No curto prazo, esses avanços tecnológicos têm o potencial de substituir tarefas em vez de posições de trabalho [1]. Contudo, no longo prazo, é mais difícil se imaginar quais novos trabalhos irão surgir em relação aos que serão extintos.

O uso da IA deve ser pensada como um mecanismo que pode mudar radicalmente a geração de riqueza, e que seus benefícios sejam equitativamente divididos em prol da sociedade e não apenas sejam vistos pelas grandes organizações. Políticas públicas devem buscar mitigar riscos, garantindo que

trabalhadores sejam re-treinados e capazes de atuar em posições que serão complementares, em vez de apenas competir com a automatização.

## **1.1.MOTIVAÇÃO**

O recente progresso da IA e de áreas complementares (automação e robótica, AM, AP, PLN) tem o potencial de ajudar a enfrentar diversos desafios na vida cotidiana, especialmente em áreas como automação do trabalho, atingindo a economia e a força de trabalho.

Para um melhor enfrentamento dessa complexa questão é preciso um maior conhecimento do que significa a expansão do universo digital, e como uso intensivo dos avanços tecnológicos pode se relacionar com o emprego e força de trabalho. Esse entendimento pode significar um melhor uso da tecnologia em favor do trabalho e sociedade.

Neste sentido, faz-se necessário investigar o uso intensivo dos avanços tecnológicos (IA e áreas adjacentes), e como o uso das ferramentas geradas por esses avanços impacta na forma como as organizações contratam força de trabalho. Mais precisamente, caracteriza-se como oportuno uma análise de como esses avanços tecnológicos afetam o trabalho humano nas organizações; ou seja, uma análise sobre se eles são complementares ou substitutos do trabalho humano.

A tecnologia tem objetivo de potencializar a produtividade, diminuindo o esforço e tempo do trabalho humano necessários para criar uma unidade de resultado esperado [8]. Dessa forma, esse decréscimo pode ser devido ao uso complementar da IA e automação, ou pela substituição total do trabalho humano, onde diferentes grupos de atividades e setores estarão suscetíveis ou não à automação.

## **1.2.OBJETIVOS**

O objetivo geral deste trabalho é o de investigar o uso intensivo dos avanços tecnológicos (em IA e áreas adjacentes), e como o uso das ferramentas geradas por esses avanços impacta na forma como as organizações contratam força de trabalho. Mais precisamente, interessa-se avaliar se tais avanços são complementares ou substitutos do trabalho humano.

O trabalho parte da hipótese central de que os avanços da IA irão substituir de fato certas habilidades humanas (marcadamente as que exigem pouco talento), mas ao mesmo tempo, aumentarão a demanda por habilidades que sejam complementares à IA. Adicionalmente, argumenta-se que capacidades como criatividade, sensação de emoções e relações interpessoais, fundamentais na experiência humana, serão essenciais nos profissionais do futuro.

### **1.3.METODOLOGIA DA PESQUISA**

Apesar da temática da Inteligência Artificial já existir há vários anos, e, principalmente no contexto do debate acadêmico, a preocupação econômica com seu impacto é bem recente. As grandes empresas multinacionais de consultoria, por exemplo, em função de suas posições estratégicas, e de suas bases locais em diversos pontos do globo, têm sido um importante mecanismo de investigação, análise e disseminação dos recentes impactos de novas tecnologias, tais como a IA.

Neste sentido, o estudo aqui desenvolvido partiu de uma perspectiva que fosse exploratória das bases de dados tradicionais, mas que também contemplassem os estudos das grandes e influentes empresas de consultoria econômica e de negócios do mundo contemporâneo. Sendo assim, esta pesquisa foi realizada a partir de uma revisão de literatura com consultas em base de dados referentes à IA e áreas relacionadas, cujo objetivo foi recolher informações ou conhecimentos prévios sobre as relações da IA com a força de trabalho a partir de uma pesquisa exploratória [9], com o objetivo de uma familiarização com o fenômeno investigado, ou seja, a relação da IA com a força de trabalho.

Esta revisão seguiu nenhum método sistemático adotado em estudos secundários, e foi realizada de maneira ad-hoc a partir de artigos, livros e sites especializados. Por se tratar de um tema relativamente recente, parte considerável das fontes de informação utilizada neste trabalho veio de blogs e sites especializados no assunto, e focou no tema da relação do uso de tecnologias com a força de trabalho feitas por institutos renomados como McKinsey & Company, Accenture, documentos oficiais da Casa Branca do governo dos Estados Unidos, e também da academia Stanford University.

## 1.4. ESTRUTURA DO DOCUMENTO

Este trabalho contém 5 capítulos, incluindo este capítulo de introdução. O Capítulo 2 aborda, de forma introdutória, a expansão do universo digital, aqui entendido como o avanço das tecnologias e meios digitais (tais como IA). Considera a IA como uma oportunidade tecnológica para saída dos chamados “pessimismos econômicos”, através da ideia da IA como um novo fator de produção. Faz também uma descrição das principais áreas e tecnologias e suas potenciais aplicações, que estão atuando mais fortemente para alterar, de alguma forma a força de trabalho e levar ao crescimento econômico.

O Capítulo 3 aborda como o uso dessas ferramentas (IA e tecnologias complementares) impacta na forma como as organizações contratam força de trabalho, e como essas manifestações podem mudar a natureza do trabalho e sua organização. Trata também quais áreas estão mais suscetíveis ou não a automatização ou substituição.

O capítulo 4 faz considerações sobre tendências e desafios para o futuro onde a IA será decisiva, não só no âmbito do trabalhador com também na organização. Discorre também sobre como se preparar para a nova geração de mão de obra que será demanda.

O capítulo 5, traz as considerações finais e conclui expondo as lições aprendidas.

## 2.EXPANSÃO DO UNIVERSO DIGITAL

A expansão do universo digital<sup>2</sup>, aqui entendido como o avanço das tecnologias e meios digitais (tais como IA) no seio do mundo físico, pode trazer, em vários setores da economia, o incremento de possibilidades de complemento ou substituição da força de trabalho. Esse fato pode ser mais compreendido através dos avanços na área de IA e campos relacionados (grandes conjuntos de dados - "Big Data", AM, AP, PLN) que abrem novos mercados e oportunidades de progresso em áreas críticas, como saúde, educação, inclusão econômica, bem-estar social e no emprego [8].

Avanços na IA fizeram com que soluções inteligentes superassem a performance de humanos na realização de tarefas que exigem não só capacidades físicas, mas também que estão relacionadas com inteligência. Como, por exemplo, reconhecer padrões e imagens que podem ser aplicados para auxiliar médicos em diagnósticos, como é o caso da empresa *Enlitic*<sup>3</sup>.

Esses avanços tecnológicos só tendem a aumentar, fazendo com que máquinas, robôs, ou sistemas inteligentes alcancem e até excedam a performance humana em cada vez mais tarefas e áreas de atuação. No curto prazo, a relação do uso intensivo de tecnologia com a força de trabalho será mais de substituição de tarefas em vez de profissões ou posições de trabalho [6], estabelecendo uma relação de complementação do trabalho.

A automação direcionada pelo uso da IA tem o potencial de continuar a gerar riqueza e expandir a economia dos países que melhor usufruírem dos seus benefícios nos próximos anos [8]. Embora muitos se beneficiem, essa expansão não

---

<sup>2</sup> Apêndice I oferece uma breve história de IA, incluindo uma descrição de algumas das principais áreas de pesquisa que evoluíram ao longo das últimas seis décadas.

<sup>3</sup> Enlitic é uma startup norte americana que desenvolve soluções de software que fornecem *insights* nas áreas de detecção precoce, planejamento de tratamento e monitoramento de doenças usando tecnologia *aprendizado de máquina*. Fornecendo compreensão significativa a partir de dados médicos coletados como imagens, anotações e testes de laboratório estruturados. Site <<http://www.enlitic.com/index.html>> e *company overview of Enlitic Inc*. Acessado em 19/07/2017. <<https://www.bloomberg.com/research/stocks/private/snapshot.asp?privcapId=275423928>> Acessado em 19/07/2017.

virá sem custos, e esse novo ambiente de trabalho será acompanhado de profundas mudanças nas habilidades dos trabalhadores.

Políticas podem ser necessárias para ajudar aqueles em desvantagem, devido às possíveis mudanças estruturais da economia e nas relações de trabalhos com organizações, tais como políticas de re-treinamento, em vez de taxaço do uso de tecnologias [10], assegurando que os benefícios trazidos pela expansáo do universo digital seja usufruído por todos.

A aceleraço com que essas tecnologias se desenvolvem e são aplicadas sugere efeitos na força de trabalho, como o risco de substituir (ocupaço de acordo com susceptibilidade à informatizaço) 47% dos trabalhadores norte-americanos [11]. Os avanços tecnológicos reduzem a necessidade de alguns trabalhos mais rapidamente, do que criando novas oportunidades [12]. Ou seja, essas transformações não só criam novas oportunidades (para indivíduos, economia e sociedade), como também cessam oportunidades atuais, mas não no mesmo ritmo. Se a IA irá conduzir à um cenário de desemprego e aumento na desigualdade a longo prazo, depende não apenas da aplicaço e seus usos, mas também das instituições e políticas que estarão em vigor [8].

O rápido desenvolvimento da IA e seu uso pelas organizações aumentou dramaticamente a necessidade de pessoas com habilidade relevantes para suportar e continuar a ter avanços nas áreas relacionadas. Um mundo de oportunidades possibilitadas pela IA, irá demandar cidadãos “alfabetizados em dados” [6], que sejam capazes de ler, usar, interpretar e comunicar-se através de dados, e também de participar de debates sobre políticas para assuntos que serão afetados pela IA. Uma das possíveis formas de incentivar isso é através do incentivo de conhecimentos tecnológicos nos programas educacionais, com exemplo a iniciativa

do governo norte-americano denominada *Obama Computer Science For All*<sup>4</sup>. No Brasil, semelhantes partem de órgãos voluntários<sup>5</sup>.

Decisões políticas e sociais têm importante papel em como a IA vai influenciar as novas relações de trabalho. Devem ser pensados mecanismos seguros para garantir e proteger os trabalhadores das possíveis mudanças estruturais na economia e nas relações de trabalho, pois se sabe que no curto prazo, esses avanços têm o potencial de substituir tarefas ao invés de posições de trabalho. Mas no longo prazo é mais difícil de se imaginar quais novos trabalhos irão surgir, em relação aos que serão extintos. Dessa forma, é interessante observar como a IA pode atingir potencialmente diferentes setores e áreas de produção importantes para economia, como também quais atividades estão mais suscetíveis a serem complementadas ou substituídas, e de que meios a IA pode induzir ao crescimento para organizações.

## **2.1.A OPORTUNIDADE DO USO DA TECNOLOGIA**

Os progressos tecnológicos complementares à IA possibilitaram construção de sistemas impulsionados por dados do mundo real. A capacidade da Internet de coletar grandes quantidades de dados, e a disponibilidade do poder computacional e de armazenamento para processar esses dados, permitiu o desenvolvimento de técnicas estatísticas que, por design, derivam soluções a partir da análise de dados [1]. Estes desenvolvimentos permitiram que a IA emergisse nas últimas duas décadas como uma profunda influência no cotidiano e em diferentes setores da economia e da sociedade, como por exemplo, transporte, educação, emprego.

Embora as tecnologias de IA sejam suscetíveis a ter profundo impacto futuro sobre o emprego e tendências de trabalho e na economia das nações, é difícil

---

<sup>4</sup> Ciência da Computação para Todos é uma ousada iniciativa do ex-Presidente Barack Obama de capacitar todos os estudantes americanos do jardim de infância até o ensino médio para aprender ciência da computação e ser equipado com as habilidades de pensamento computacional que eles precisam para ser criadores na economia digital, não apenas os consumidores, Cidadãos em nosso mundo tecnológico. Disponível em: <https://obamawhitehouse.archives.gov/blog/2016/01/30/computer-science-all>>. Acessado em 26 de Maio de 2017

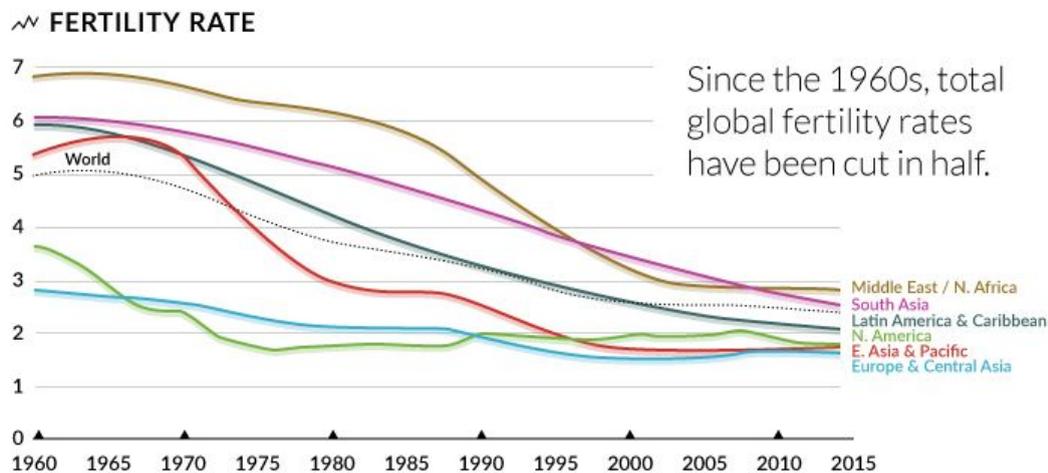
<sup>5</sup> O Code Club (em português: Clube do Código ou Clube de Programação) é uma rede mundial de atividades extra-curriculares gratuitas, completamente gerenciada por voluntários, com o objetivo de ensinar programação de computadores às crianças.” Disponível em: <http://www.codeclubbrasil.org.br/sobre-o-projeto/>>. Acessado em 26 de Maio de 2017

avaliar se esses impactos serão positivos ou não. Nas últimas décadas, o mundo vivenciou o envelhecimento da população global, um fenômeno sem precedentes [13]. Várias teorias enfatizam os efeitos negativos de uma população em envelhecimento no crescimento econômico [14]. Efeitos esses causados marcadamente por menor participação da força de trabalho e menor produtividade de trabalhadores mais velhos. E também pelo fato de que o envelhecimento cria um excesso de poupança em relação ao investimento desejado pela economia, conduzindo a um estado de “*estagnação secular*”.

As taxas de fertilidade estão caindo ao redor do mundo (ilustração 1 à frente), e alterando as projeções econômicas, à medida que a força de trabalho começa a envelhecer [15]. Nenhuma nação é tão experiente com este fenômeno como o Japão, onde  $\frac{1}{4}$  da sua população já tem 65 anos ou mais, e só tende a envelhecer devido a grande expectativa de vida do país, o que gera pessimismo econômico em relação a falta de mão-de-obra.

Este cenário desperta também a oportunidade de se reinventar para interromper e desafiar estruturas industriais existentes, e oferecer melhores produtos e serviços através de inovações científicas e de engenharia. Com a diminuição da força de trabalho, o Japão teve que simultaneamente aumentar a produtividade e a participação da força de trabalho através de adaptações criativas para os trabalhadores mais velhos e um maior enfoque na aplicação de robótica na força de trabalho.

## Ilustração 1: As taxas totais de fertilidade global.



Source: World Bank, 2016

visualcapitalist.com



Fonte: [15]

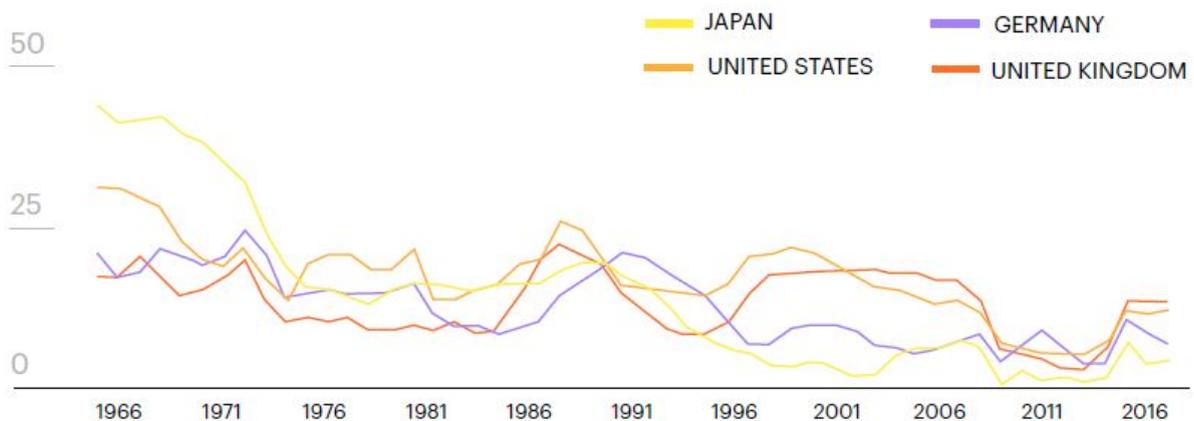
O que tem sido feito no Japão (com relação de reverter o pessimismo econômico através do uso de tecnologias) condiz com estudos que têm mostrado que não há tal relação negativa nos dados globais (de que o envelhecimento seria negativo para o crescimento econômico), e que mesmo os países que estão experimentando envelhecimento mais rápido têm conseguido se desenvolver nas últimas décadas [13]. A sugestão para tal fenômeno é de que este crescimento é reflexo da adoção mais rápida de tecnologias de automação e adoção de robótica, mostrando que os países que enfrentam o rápido envelhecimento, foram os que estiveram na frente na corrida de adoção de tecnologias de automação industrial.

O que podemos observar diante desses fatos são duas janelas de oportunidade onde, de um lado, com o envelhecimento da população global, a humanidade está experimentando uma grande transformação social, mas ainda não há reflexão mais aprofundada sobre o que isso significa, e o que pode causar; de outro lado, tem-se o incremento de possibilidades que a expansão do universo digital pode trazer em vários setores da economia. O fenômeno enxergado é que a longevidade pode criar novos mercados, e que o envelhecimento não é uma doença econômica [16], mas sim uma oportunidade econômica com várias janelas de oportunidades para abrir os olhos e criar políticas positivas pra isso.

## 2.2.NOVO FATOR DE PRODUÇÃO

Em economia, os fatores de produção são essenciais e indispensáveis ao processo produtivo de um bem ou serviço [17]. Tradicionalmente, economistas atribuem o crescimento econômico ao aumento de capital (aumento de investimentos) e trabalho (aumento de mão-de-obra), além de uma combinação eficiente desses fatores [2]. Mas isso tem se mostrado tão eficiente, já que não mais atinge os níveis de crescimento econômico que o mundo se acostumou e deseja. Houve declínio acentuado na capacidade de aumento do investimento de capital e no trabalho para impulsionar o progresso econômico, como pode ser visto na ilustração 2 à frente.

**Ilustração 2: A taxa marginal de eficiência do capital (em %, média móvel de 6 anos).**



### **Marginal capital efficiency (% , 6-year moving average)**

Source: European Commission, Annual Macroeconomic Database

Fonte: [2]

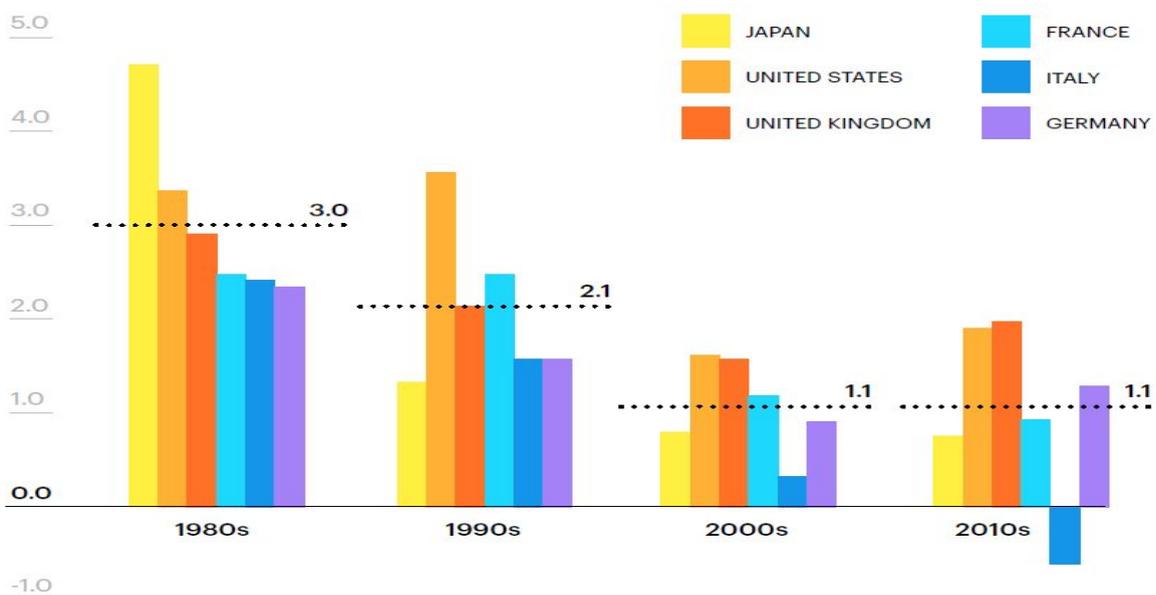
Esse declínio (da eficiência do capital), causado pela convergência de um conjunto transformador de avanços tecnológicos e obsolescência das tecnologias vigentes, faz a economia entrar em uma nova era, na qual a IA tem potencial para superar as limitações físicas de capital e trabalho, abrindo novas fontes de valor e crescimento [2]. A ideia principal é de que a IA não deve ser vista como apenas um

fator que aumenta produtividade, mas sim como uma ferramenta que pode transformar o pensamento de como crescimento é gerado.

Visões pessimistas em relação à estagnação econômica e ao crescimento de produtividade, devido a falta de inovações combinadas com tendências demográficas desfavoráveis [16] são limitadas, pois apenas observam a trajetória passada (ilustração 3), mas não consideram como as novas tecnologias (em seu contexto atual) podem afetar o crescimento futuro da economia.

Tradicionalmente, capital e força de trabalho foram os fatores de produção que levaram ao crescimento econômico. Nesse modelo o crescimento ocorre quando o estoque de capital ou mão-de-obra aumenta, ou quando são usados de forma mais eficiente. O crescimento que vem de inovações e a mudança tecnológica na economia são capturados na produtividade total dos fatores (ou Total Factor Productivity - TFP) que mede a produtividade combinada de capital e trabalho.

**Ilustração 3: Desde a década de 1980, o crescimento do PIB diminuiu em grandes economias.**



**Real GDP growth (% , annual average over the period)**

*NB: Data points across the dashed lines indicate the average for the six countries.*

*Source: Oxford Economics*

Fonte: [2]

E é dessa forma, não levando em consideração, de forma específica, os distintos avanços tecnológicos como um fator de produção, que economistas sempre pensaram a respeito de novas tecnologias. Tal postura histórica fez sentido para os grandes avanços tecnológicos que ocorreram até o final do último século, como eletricidade, ferrovias e até o uso de tecnologias da informação, que aumentaram a produtividade de certa forma, mas não criam mão-de-obra inteiramente nova [2].

Hoje, no entanto, os avanços da IA e de um conjunto de tecnologias complementares, têm potencial de não apenas ser outro fator que leva o aumento de produtividade, mas sim um novo fator de produção, pois a IA é vista como um fator híbrido capital-trabalho.

A IA tem a capacidade de aprender mais rápido do que humanos. Por exemplo, uma simples tarefa de revisar documentos, quando se utiliza a IA em alguma forma de assistente virtual, pode-se otimizar essa tarefa em níveis bastante altos, em relação se fosse realizada por humanos [2]. Da mesma forma, a IA pode assumir a forma de capital como robôs e máquinas inteligentes, que ao contrário da capital convencional (como máquinas e edifícios), pode ao longo do tempo evoluir, graças a capacidades de auto-aprendizagem que alguns desses sistemas de IA possuem [2].

Na ilustração 4 à frente (o modelo de crescimento da IA em relação ao modelo tradicional de crescimento) é mostrado o que acontece quando o uso de IA é visto como um novo fator econômico para as organizações, ao invés de apenas um potencializador de produtividade.

Para apresentar como esse efeito pode ser causado, três cenários [2] são mostrados na ilustração 5 a partir de um estudo recente das empresas de consultoria Accenture e Frontier Economics [2]. O primeiro cenário assume nenhum efeito causado pela IA. O segundo cenário trata a visão tradicional da IA como um potencializador do TFP (produtividade), tendo um impacto limitado. O terceiro cenário tem-se a IA como novo fator de produção, o que gera um efeito transformativo no crescimento, pois o verdadeiro potencial da IA está na habilidade de aumentar os tradicionais fatores de produção.

**Ilustração 4: Modelo de crescimento adaptado (Modelo de Crescimento IA) de crescimento tradicional que inclui IA como novo fator de produção.**

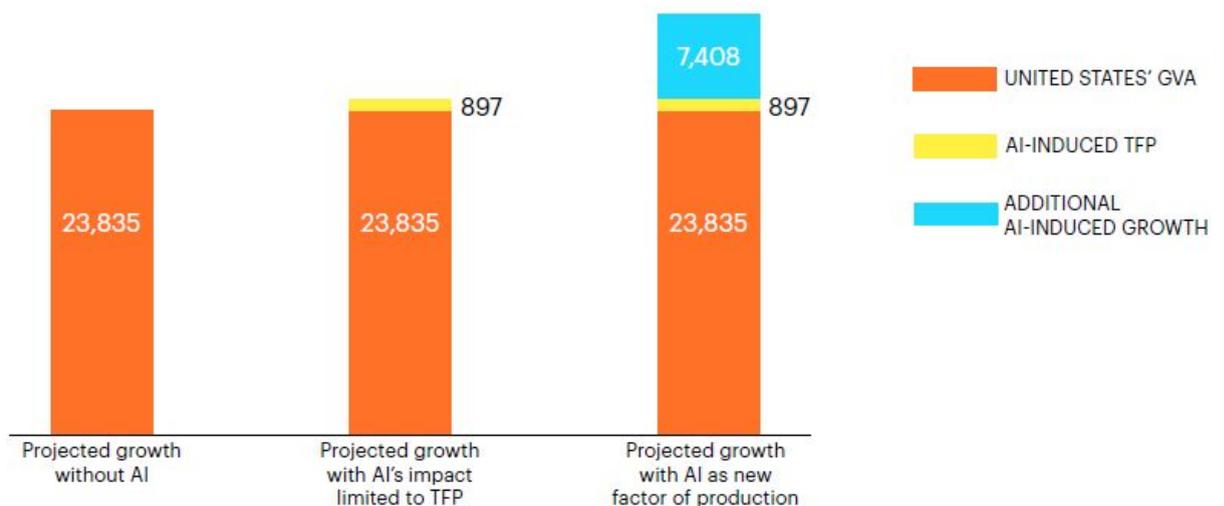


NB: ▲ indicates the change in that factor.

Source: Accenture analysis

Fonte: [2]

**Ilustração 5: Três cenários de crescimento. AI como um novo fator de produção pode levar a oportunidades de crescimento significativas para a economia dos Estados Unidos.**



**United States' gross value added (GVA) in 2035 (US\$ billion)**

Source: Accenture and Frontier Economics

Fonte: [2]

Como observado na ilustração 5, num cenário em que os avanços de IA são considerados, é possível estimar incrementos no valor adicionado global da economia norte-americana tanto pelo efeito induzido da IA na produtividade (TFP) quanto no crescimento econômico induzido pela IA.

### 2.3.O ATUAL ESTADO DA IA E SUA RELAÇÃO COM A FORÇA DE TRABALHO

É necessário distinguir e entender de que forma a AI pode influenciar mais fortemente as relações de trabalho. Notável progresso tem sido feito no campo da IA, mais precisamente no que é conhecido como “*Narrow AI*”, ou “*IA fraca*”. Essa faceta de IA aborda áreas de aplicação para tarefas específicas como tradução de idiomas, veículos auto-dirigíveis e reconhecimento de imagens [6].

A tecnologia denominada “*Siri*” é um bom exemplo de IA fraca<sup>6</sup>. A IA fraca sustenta muitos serviços comerciais como recomendações e segmentação de anúncios ou serviços bancários. Outros importantes avanços recentes são encontrados nas aplicações de diagnósticos médicos. Todos esses avanços em IA fraca contribuem com benefícios sociais e econômicos significativos impactando no desenvolvimento das nações [1].

Já o que é conhecido como “*General AI*”, ou *Inteligência Artificial Geral*, ou “*IA forte*”, refere-se a máquinas ou sistemas com a habilidade de aplicar inteligência para qualquer problema, em vez de tarefas específicas [6]. Aplicações de IA forte exibem aparentemente um comportamento inteligente, no mínimo tão avançado quanto ao de uma pessoa, sobre uma gama de tarefas exibindo habilidades cognitivas (uma máquina com consciência, sensação, mente). A maioria dos sistemas atuais, considerados de IA, é de IA fraca. Tentativas de se alcançar IA forte, através da expansão da IA fraca, têm feito tímidos avanços ao longo de décadas de pesquisas.

O consenso atual e expectativas são de que a IA forte só será alcançada em algumas décadas a partir de 2030 [6]. Porém, a história de evolução no campo da IA sempre foi acompanhada de otimismo excessivo. Um exemplo clássico foi o de como previsões de que computadores iriam superar humanos em jogos de xadrez

---

<sup>6</sup> Siri opera dentro de um intervalo limitado pré-definido, onde não há inteligência genuína, sem autoconsciência, sem vida, apesar de ser um exemplo sofisticado de AI fraca. Disponível em <[https://en.wikipedia.org/wiki/Weak\\_AI#cite\\_ref-4](https://en.wikipedia.org/wiki/Weak_AI#cite_ref-4)>. Acessado em 19/07/2017

dentro de até uma década nos anos 50, o que só ocorreu décadas depois<sup>7</sup>. Como também as primeiras previsões a respeito de tradução automatizada, que se mostraram bastante otimistas, contudo a tecnologia só se tornou amplamente utilizada nos últimos anos [6]. Graças a avanços disruptivos na área de técnicas de treinamento de máquina, atingindo melhores resultados na qualidade da tradução feita por máquina, como afirmado pelo Google, que hoje traduz de maneira “*quase indistinguível da tradução humana*”<sup>8</sup>.

Dessa forma, apesar de tentador, é pouco sensato extrapolar a habilidade da IA fraca de resolver uma tarefa em particular, para se esperar e imaginar sistemas ou máquinas com um gama muito mais ampla e profunda de habilidades [6]. Essa visão ignora a enorme lacuna entre o desempenho estreito orientado a tarefas, e o tipo de inteligência geral que as pessoas exibem. O que corrobora com a ideia de que a IA, no curto prazo, tem o potencial de substituir tarefas ao invés de posições de trabalho [1].

Sendo assim, pode-se perceber como o uso de tecnologias de IA já está inserido no cotidiano e nas organizações, moldando e criando relações com o ambiente e com as forças de trabalho. E muitas dessas transformações que já podem ser vistas nos dias atuais são fortemente impulsionadas por tecnologias capazes de serem introduzidas na rotina da maioria das atividades dos trabalhadores. Entender e investigar o uso intensivo dos avanços tecnológicos e áreas adjacentes à IA, pode ajudar a encontrar insights, de como IA vai afetar a demanda futura de trabalho, incluindo a mudança na demanda de habilidades pelos trabalhadores.

### **2.3.1.COMO A IA PODE SER IMPLEMENTADA NA FORÇA DE TRABALHO**

Partindo da noção de que a IA fraca tem predominância no curto prazo na relação com a força de trabalho, os principais meios pelos quais ela vem sendo utilizada amplamente se manifestam através de três fatores: Autonomia, Automação

---

<sup>7</sup> Herbert A. Simon - Wikipedia. 2017. Herbert A. Simon - Wikipedia. Disponível em : <[https://en.wikipedia.org/wiki/Herbert\\_A.\\_Simon](https://en.wikipedia.org/wiki/Herbert_A._Simon)>. Acessado 23 Maio 2017.

<sup>8</sup> Faes F. “Nearly Indistinguishable From Human Translation”—Google Claims Breakthrough | Slator. Disponível em: <<https://slator.com/technology/nearly-indistinguishable-from-human-translation-google-claims-breakthrough/>>. Acessado em 26 Maio de 2017

e pelo Conjunto Humano-Máquina (onde o uso da máquina complementa a habilidade do trabalho humano). Nesta breve seção será apontado o uso das técnicas de Aprendizado de Máquina, e Aprendizado Profundo, em função dos seus papéis para a IA, os três níveis de interação, a saber: autonomia, automação, e complementação do trabalho humano.

A **Autonomia** está relacionada com a habilidade de um sistema ou máquina de operar ou adaptar-se a mudanças nas circunstâncias, com participação humana reduzida, ou completamente excluída [6]. Também pode incluir a capacidade do sistema de se auto-diagnosticar e se recuperar de falhas. Não está limitado a trabalhos físicos apenas.

A **Automação** ocorre quando uma máquina faz o trabalho que anteriormente era feito por uma pessoa. Também pode estar relacionado com ambos trabalhos, sejam eles físicos, ou mentais e cognitivos [6]. A automação tem sido um impacto sentido pela força de trabalho desde as revoluções industriais.

Já o binômio **Humano-Máquina**, ao contrário da automação (onde a máquina substitui o trabalho humano), a máquina ou sistema vai complementar o trabalho humano [6]. Em alguns casos, sistemas que tem como objetivo aumentar ou complementar as habilidades cognitivas, e são então referenciados como aumentadores de inteligência.

Diante das formas de como a IA pode atuar relacionando-se como trabalho, duas áreas estão atuando fortemente para alterar de alguma forma a força de trabalho, a saber o Aprendizado de Máquina e Aprendizagem Profunda.

### **2.3.2.APRENDIZADO DE MÁQUINA**

É uma das importantes abordagens da ciência da computação que dá suporte a muitos avanços recentes e aplicações que utilizam IA [6]. Pode ser entendido como um processo que tendo um conjunto de dados tenta derivar uma regra ou procedimento que explique esses dados, ou pode prever dados futuros [6], ou seja, a capacidade de adaptar-se à novas circunstâncias, detectando e extrapolando padrões, onde um agente aprende se melhora sua performance nas tarefas futuras a partir de observações passadas sobre o ambiente em que está inserido [3] . O AM explora a construção de algoritmos que podem aprender e fazer

previsões de dados, através do conceito de que, o objetivo principal de um aprendiz é generalizar a partir de sua experiência. AM trabalha também com o dimensionamento de algoritmos existentes, para conjuntos extremamente grandes de dados [1].

Esta abordagem, aprendendo através dos dados, contrasta com a abordagem tradicional de sistemas especialistas<sup>9</sup>, onde o objetivo é simular o conhecimento de um especialista em certa área específica. Um sistema especialista pretende emular os princípios usados pelos especialistas humanos, enquanto a aprendizagem de máquina depende de métodos estatísticos para encontrar um procedimento de decisão que funcione bem na prática [6].

O valor que o uso de AM trás para as organizações está se revelando cada vez mais importante. Os estudos mostram o desempenho do uso de AM, para capturar valor de dados e análises em cada vez mais setores, como por exemplo, no uso em serviços baseados em localização e o varejo nos EUA, que apresentaram os maiores avanços no processo de captura e análise de dados [18].

Há oportunidades crescentes para que as empresas usem dados geo-espaciais para rastrear ativos, equipes e clientes em locais dispersos gerando novos insights e melhorando a eficiência. O varejo dos EUA está capturando até 40% do valor possível que a análise de dados pode trazer, e a manufatura captura 30%. O uso de AM pode melhorar também as análises preditivas em vários setores (ilustração 6 à frente).

O Instituto McKinsey compara o impacto potencial preditivo no estudo de 2011<sup>10</sup>, com o valor capturado pelo segmento hoje, incluindo uma definição dos principais obstáculos à adoção do uso de AM [18]. Como pode ser visto, o uso e captura do valor da melhoria das previsões e análises preditivas de dados pode causar um impacto econômico em vários setores. A análise também revela a integração dos dados como fator crítico para capturar mais valor.

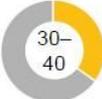
---

<sup>9</sup> Expert system. Wikipedia, The Free Encyclopedia. Disponível em:<[https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Expert\\_system&oldid=779362493](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Expert_system&oldid=779362493)>. Acessado em 08 de Maio de 2017.

<sup>10</sup> O estudo pode ser encontrado em:<[https://bigdatawg.nist.gov/pdf/MGI\\_big\\_data\\_full\\_report.pdf](https://bigdatawg.nist.gov/pdf/MGI_big_data_full_report.pdf)> Acessado em 29/05/2017.

## Ilustração 6: Progresso na captura de valor, através do uso de análise de dados pelas organizações.

There has been uneven progress in capturing value from data and analytics

	Potential impact: 2011 research	Value captured %	Major barriers
<b>Location-based data</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ \$100 billion+ revenues for service providers</li> <li>▪ Up to \$700 billion value to end users</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Penetration of GPS-enabled smartphones globally</li> </ul>
<b>US retail<sup>1</sup></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 60%+ increase in net margin</li> <li>▪ 0.5–1.0% annual productivity growth</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lack of analytical talent</li> <li>▪ Siloed data within companies</li> </ul>
<b>Manufacturing<sup>2</sup></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Up to 50% lower product development cost</li> <li>▪ Up to 25% lower operating cost</li> <li>▪ Up to 30% gross margin increase</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Siloed data in legacy IT systems</li> <li>▪ Leadership skeptical of impact</li> </ul>
<b>EU public sector<sup>3</sup></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ~€250 billion value per year</li> <li>▪ ~0.5% annual productivity growth</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lack of analytical talent</li> <li>▪ Siloed data within different agencies</li> </ul>
<b>US health care</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ \$300 billion value per year</li> <li>▪ ~0.7% annual productivity growth</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Need to demonstrate clinical utility to gain acceptance</li> <li>▪ Interoperability and data sharing</li> </ul>

<sup>1</sup> Similar observations hold true for the EU retail sector.

<sup>2</sup> Manufacturing levers divided by functional application.

<sup>3</sup> Similar observations hold true for other high-income country governments.

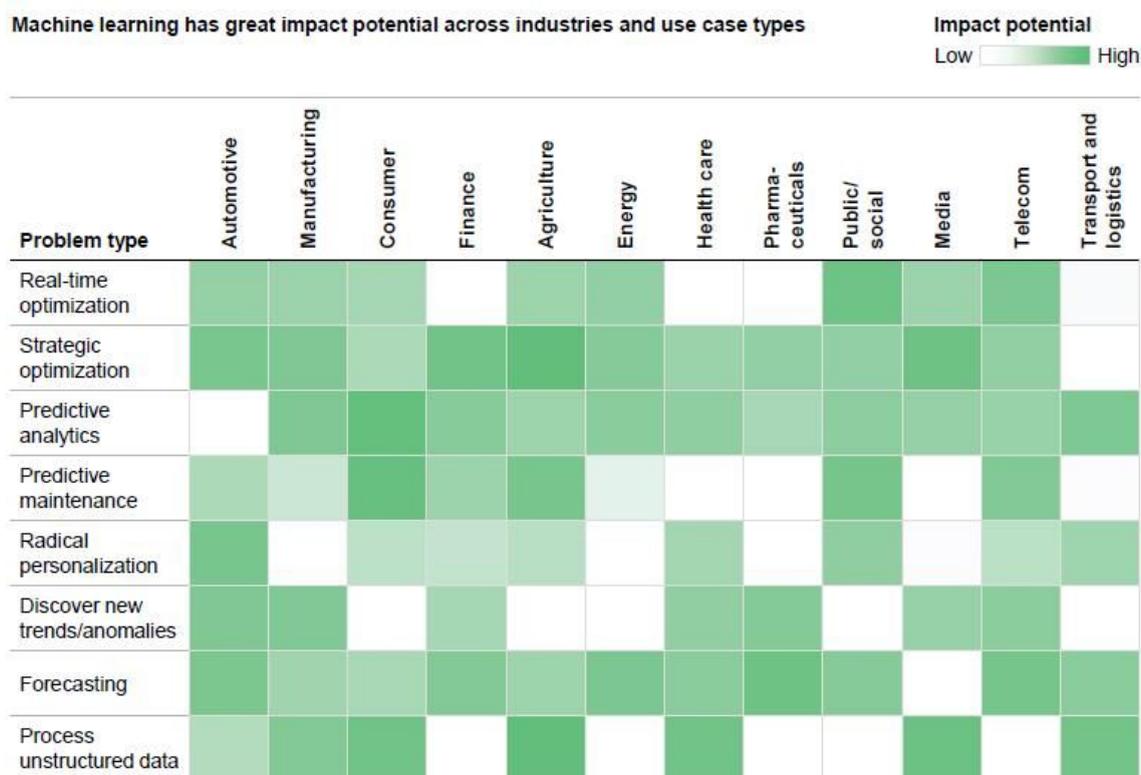
SOURCE: Expert interviews; McKinsey Global Institute analysis

Fonte: [18]

Apontando os desafios que começam na incorporação da análise de dados, na estratégia central da organização, como também nos processos, infraestrutura e na falta de talentos nas áreas de analítica, o estudo da McKinsey [18] analisou 120 casos de uso de AM considerados mais significativos. O resultado é um mapa de calor, do impacto potencial de AM entre setores da indústria e seus casos de uso<sup>11</sup> (ilustração 7 à frente).

<sup>11</sup> Consulte-se o relatório para obter os scorecards detalhados do caso de uso de cada setor, classificados por riqueza de impacto e dados.

## Ilustração 7: Maiores impactos do uso de AM em vários setores da indústria, e seus casos de uso.



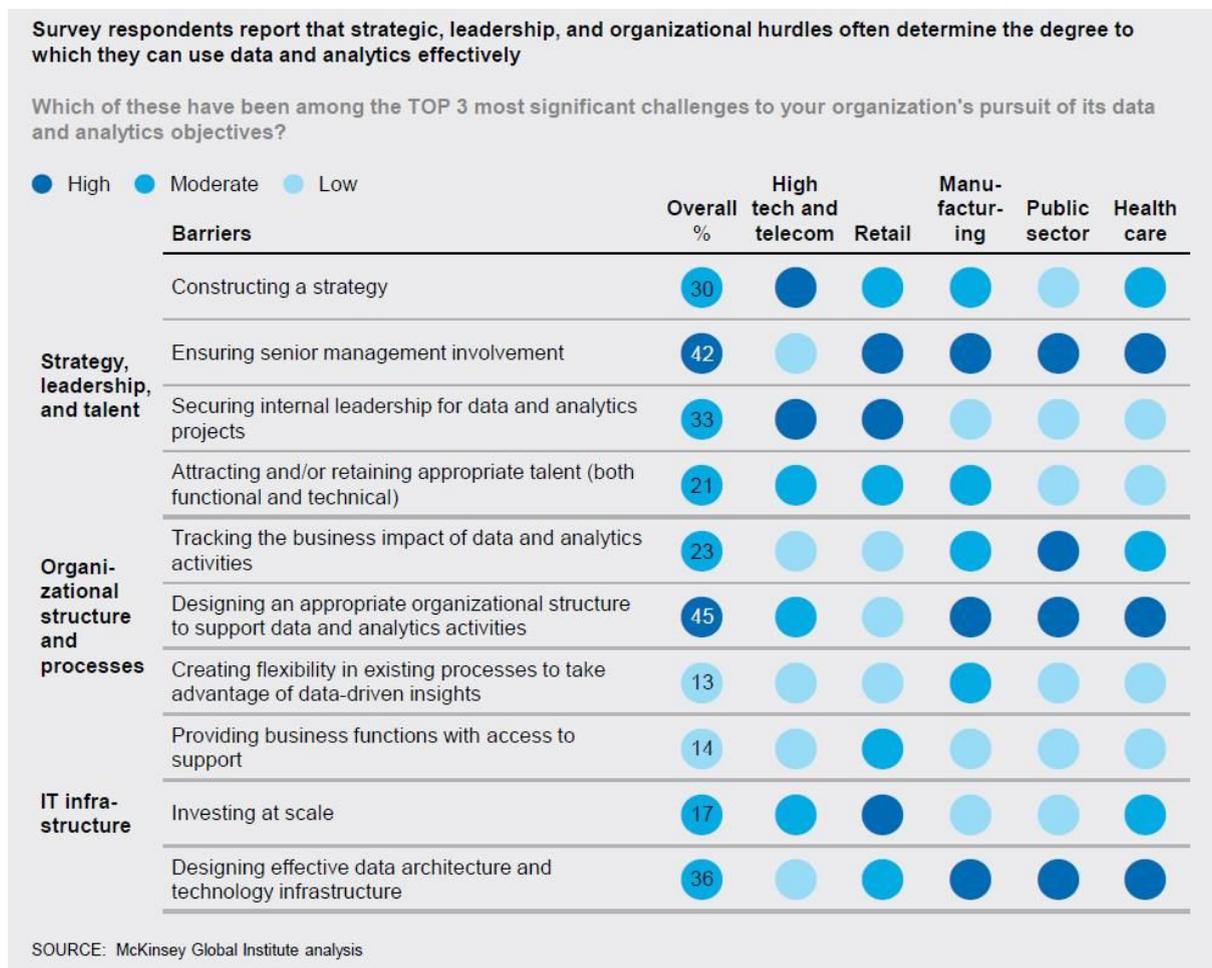
SOURCE: McKinsey Global Institute analysis

Fonte: [18]

Questões estratégicas, de liderança, e de talentos, além de estrutura organizacional e processos, e finalmente infraestrutura de TI são os maiores desafios<sup>12</sup> quando se busca os objetivos de dados e de análise de dados. Observando a ilustração 8 (à frente) percebe-se que, em geral, no objetivo de estratégia, liderança e talentos, 42% dos respondentes afirmaram que a manutenção do envolvimento da alta administração é uma das grandes barreiras; 45% dos respondentes apontaram que projetar uma estrutura organizacional apropriada para dar suporte à atividades de dados e analítica é a barreira principal, e 36% dos respondentes apontaram que projetar uma efetiva arquitetura de dados e infraestrutura tecnológica é o maior desafio.

<sup>12</sup> Mais sobre os desafios quando busca-se os objetivos da análise de dados, e um modelo para aplicação de análise de dados. pode ser encontrado no apêndice B deste trabalho.

## Ilustração 8: Três mais significativos desafios para as organizações ao buscarem objetivos de dados e analítica.



Fonte: [18]

Portanto, AM pode se relacionar com o trabalho com intuito de melhorar a previsão e a análise preditiva, como também a manutenção dessas previsões. O que não deixa de estabelecer uma relação de maior autonomia e automação dos serviços prestados, juntamente com a colaboração humana para enxergar as melhores oportunidades que os dados possam mostrar.

### 2.3.3. APRENDIZAGEM PROFUNDA

Os desenvolvimentos na área de AM têm sido acompanhados e possibilitados pelos desenvolvimentos no ramo de Aprendizagem Profunda (AP), também conhecida como “aprendizagem de rede profunda” [6]. AP pode ser entendida como uma classe de algoritmos de AM que utilizam camadas de unidades

de processamento para extrair informação [6]. O conceito de AP baseia-se em estruturas vagamente inspiradas pelo cérebro humano, consistindo de um conjunto de unidades, também chamados de "neurônios", onde cada unidade combina um conjunto de valores de entrada para produzir um valor de saída, que por sua vez é passado para outros neurônios de camadas inferiores [6], ou seja, uma combinação de entradas pode disparar uma função de ativação que se propaga através das unidades seguintes [3]. Pode ser entendido como uma solução que permite que computadores aprendam da experiência e compreendam através de uma arquitetura de conceitos, onde cada conceito é definido em termos de sua relação com conceitos mais simples [19]. O aprendizado profundo descobre estruturas intrincadas em grandes conjuntos de dados usando algoritmos como *backpropagation* para indicar como uma máquina deve mudar seus parâmetros internos que são usados para calcular a representação em cada camada da representação na camada anterior [20].

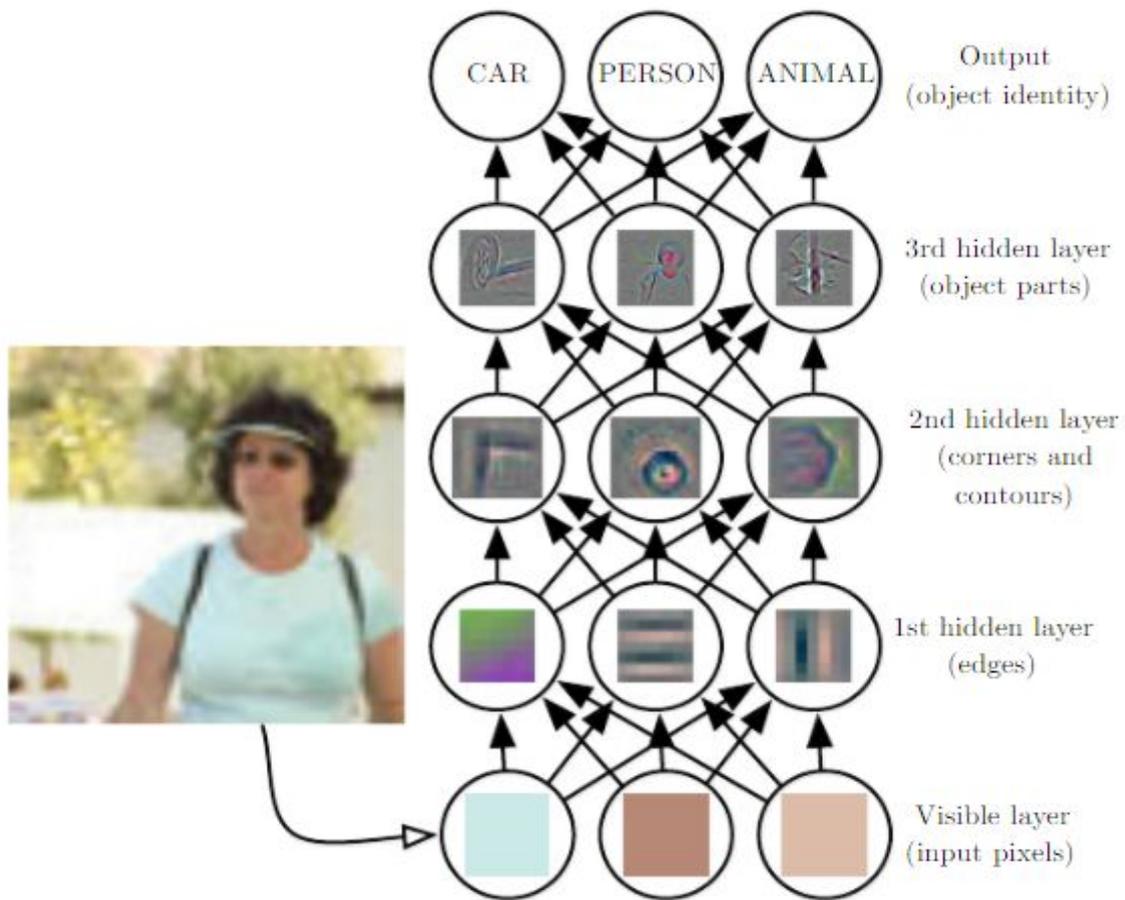
Numa aplicação de reconhecimento de imagem, por exemplo, uma primeira camada de unidades pode combinar os dados brutos da imagem para reconhecer padrões simples. Uma segunda camada de unidades pode combinar os resultados da primeira camada, para reconhecer padrões de padrões. Uma terceira camada pode combinar os resultados da segunda camada e assim por diante (ilustração 9 à frente) [6].

Seria muito difícil<sup>13</sup> para um computador compreender o significado de dados de entrada sensoriais brutos, tais como uma imagem representada por uma coleção de valores de pixel. Mapear um conjunto de pixels, para a identificação de objeto é muito complicado. Aprender ou avaliar este mapeamento parece intransponível se abordado diretamente [19].

---

<sup>13</sup> O uso de AP reduz essa dificuldade quebrando o mapeamento complicado em conjuntos mais simples e aninhados, descritos por diferentes camadas. A entrada é apresentada na camada visível, pois contém as variáveis que se pode observar. Camadas escondidas extraem características cada vez mais abstratas da imagem. Essas camadas são chamadas "ocultas" porque seus valores não são dados nos dados. Em vez disso, o modelo deve determinar quais conceitos são úteis para explicar as relações nos dados observados [19].

## Ilustração 9: Modelo de Aprendizado Profundo.



Fonte: [19]

A aprendizagem profunda possibilita modelos computacionais que são compostos de várias camadas de processamento, para aprender representações de dados com múltiplos níveis de abstração. Esses métodos melhoraram drasticamente o estado da arte em reconhecimento de fala, reconhecimento de objetos visuais, detecção de objetos e muitos outros domínios, como descoberta de fármacos e genômica. Descobrimos estruturas intrincadas em grandes conjuntos de dados usando diversos tipos de algoritmos.

A partir dos conceitos de AM e AP, a próxima seção tenta explicar como o uso dessas tecnologias, juntamente com a IA, pode se relacionar com a força de trabalho para extrair o maior proveito para organizações.

## 2.4.CANAIS DE CRESCIMENTO IMPULSIONADOS PELA IA

Diante dos recentes avanços na tecnologia, principalmente na IA fraca para realização de tarefas específicas de trabalho e sua capacidade de não apenas aumentar a produtividade, a IA pode contribuir para o crescimento de três formas: automação inteligente; aumentando a mão-de-obra e capital; e difundindo inovação [2].

### 2.4.1.AUTOMAÇÃO INTELIGENTE

Ao contrário das automações tradicionais, que podem ser constatadas nos ciclos de inovação das revoluções industriais, a nova onda de automação inteligente já cria crescimento através de um conjunto de recursos, que não só buscam aumentar produtividade, mas também gerar novos valores.

Um das primeiras habilidades da IA é de automatizar tarefas complexas do mundo real que requerem capacidade de adaptação e agilidade. Um exemplo onde isso já ocorre e com resultados positivos, é o caso da *Fetch Robotics*<sup>14</sup>. Nesta iniciativa robôs usam lasers e sensores de profundidade 3D para navegar com segurança e trabalhar junto com os funcionários, por exemplo, em armazéns. Usados em conjunto com pessoas, os robôs podem lidar com a grande maioria dos itens de um armazém. Ou seja, um caso típico onde ocorre autonomia e automação, por parte dos robôs, e conjunto humano-máquina, por ambos robôs e humanos. Essa interação otimiza fluxos de trabalho no ambiente em questão dando a oportunidade para os funcionários se concentrarem em questões ou tarefas de maior valor.

As soluções da empresa não ficam somente na automação do transporte de material. Eles também possuem uma solução de plataforma de coleta de dados automatizada, onde reúne dados do ambiente com maior frequência e precisão, para utilizar em aplicações de Internet das Coisas (IOT) e aplicações de “*Big Data*”. As plataformas criadas evidenciam não só o uso de IA para aumento de produtividade, mas também meio gerador de inovação que possibilita novos níveis de “*insights*” tanto para a própria organização quanto para seus clientes.

---

<sup>14</sup> Web site: <<http://fetchrobotics.com/>>

A segunda habilidade da automação inteligente é a capacidade de resolver problemas em indústrias e certas posições de trabalho que não necessariamente envolvem habilidades físicas. Isso fica mais claro quando com o exemplo de *Amelia* - uma plataforma de IA da IPsoft com capacidades de PLN para dar suporte a equipes e clientes (SAC), automatizando processos do negócio. Como, por exemplo, agente de serviços de TI (“*Service Desk*”), serviços bancários e uma série de casos de uso em diversos setores, que já estão usando os serviços de *Amelia* com sucesso<sup>15</sup>.

Por fim, mas não menos importante, está a característica mais relevante sobre a automação inteligente, que é a capacidade de aprender, possibilitada pela repetição em escala da atividade. Ao contrário da tradicional forma de automação de capital, que se degrada com o tempo, ativos de automação inteligentes estão em constante evolução. *Amelia* também demonstra a capacidade de aprender<sup>16</sup>.

#### **2.4.2.AUMENTO DE MÃO DE OBRA E CAPITAL**

A forma mais significativa pela qual o uso de AI pode trazer crescimento, não se dá apenas pela substituição da mão-de-obra e do capital, mas sim ao permitir que tais fatores sejam usados de forma mais eficaz. O que remete à questão de robôs, como é o caso do “*Relay*”.

O Relay é um robô autônomo da indústria de serviços desenvolvido por Savioke<sup>17</sup>, onde na maioria dos seus casos de uso está em hotéis, na entrega rotineira de serviços e produtos nos quartos. Dessa forma, o hotel permite aos funcionários redirecionarem seu tempo com outras tarefas, para aumentar a satisfação do cliente. O que aumenta a capacidade da mão-de-obra, que nesse caso foi caracterizada pela substituição de tarefas que podem ser automatizadas.

A IA pode também aumentar a capacidade mão-de-obra, pelo aumento das habilidades humanas, através de ferramentas que aumentem a capacidade natural.

---

<sup>15</sup> Web site: <http://www.ipsoft.com/amelia/>. Casos de uso em diversos setores: <[http://www.ipsoft.com/wp-content/uploads/2016/11/Amelia\\_In\\_Action.pdf](http://www.ipsoft.com/wp-content/uploads/2016/11/Amelia_In_Action.pdf)>. Acessado em 19/07/17.

<sup>16</sup> <<http://www.ipsoft.com/2016/04/29/amelia-mortgage-broker-agent-at-a-global-bank/>>. Acessado em 19/07/17.

<sup>17</sup> Web site: <<http://www.savioke.com/>>. Acessado em 19/07/17.

Um exemplo é o que tem sido feito pela empresa *Praedicat*<sup>18</sup>. A empresa presta serviços de modelagem de risco para seguradoras de propriedade e acidentes, e está melhorando suas capacidades de precificação e gerência de risco dos seguradores, através do uso de AM e tecnologias de processamento de dados, que criam novas possibilidades de seguros baseado nos dados analisados.

A IA pode não só melhorar a eficiência da mão-de-obra, mas também do capital, que pode ser entendido como a relação entre a quantidade de despesas incorridas da empresa, com o quanto é gasto para fabricar um bem ou serviço<sup>19</sup>, reduzindo riscos de custos irre recuperáveis.

Um exemplo peculiar é o caso da Fanuc<sup>20</sup>, que junto com outras empresas, criaram uma plataforma para reduzir o tempo de inatividade da fábrica. O sistema “*Fanuc Intelligent Edge Link e Drive (FIELD)*” é uma plataforma analítica alimentada por aprendizado avançado de máquinas, e uma enorme quantidade de dados que são coletados durante os processos de manufatura dos produtos. Ele captura e analisa dados de diferentes partes do processo de fabricação para tirar conclusões e melhorar produção industrial. Onde foi implantado para testes, realizou economias de custos significativas. Ou seja, nesse caso, o uso da IA se deu não apenas por aumentar a produtividade, mas também como melhor uso do capital da organização.

### 2.4.3. DIFUNDINDO INOVAÇÃO

Por último, mas não menos importante, um dos maiores benefícios da IA é a sua capacidade de impulsionar inovações, à medida que se difunde através da economia. Como exemplo, pode-se tomar os recentes avanços de veículos sem condutor. Seguindo a ideia de que “inovação gera inovação”, os recentes avanços da indústria automobilística podem estender inovações não só no próprio setor, mas em setores que vão além. Como por exemplo:

- Provedores de serviços móveis terão sua demanda por Internet aumentada. Já que não há mais necessidade do condutor de dirigir de fato o veículo, fazendo com que o

---

<sup>18</sup> Web site: <<https://www.praedicat.com/>>. Acessado em 19/07/17.

<sup>19</sup> Definição de : <<http://www.businessdictionary.com/definition/capital-efficiency.html>>. Acessado em 19/07/17.

<sup>20</sup> FANUC Intelligent Edge Link and Drive (FIELD) Disponível em: <[http://www.fanucamerica.com/cmsmedia/PR/FANUC-FIELD-Announcement\\_79.pdf](http://www.fanucamerica.com/cmsmedia/PR/FANUC-FIELD-Announcement_79.pdf)> e <https://www.youtube.com/watch?v=DDDWjaX0oC8>. Acessado em 19/07/17.

mesmo possa usufruir do seu tempo de viagem realiza outras tarefas. O que também cria oportunidades para novos tipos de propagandas;

- Companhias de seguro podem criar novas formas de gerar receita, a partir de uso de “*Big Data*” que os carros autônomos irão produzir. Combinando esses dados com outras fontes de dados de transportes públicos, para ter uma melhor visão de quem é seu cliente, e assim criar novas políticas que assegurem a mobilidade total do cliente, e não apenas quando estão dirigindo.
- Dados em tempo real, gerados pelos carros sem motoristas, podem servir como base de informação para melhor gerenciar tráfego e questões como pedágios.

Dessa maneira, pode-se perceber como as tecnologias de IA podem se relacionar com a força de trabalho, não só aumentando a produtividade da mão-de-obra, mas também criando uma nova mão-de-obra automatizada e inteligente. Mão-de-obra essa, capaz de evoluir e aprender diante diversas situações, fazendo com que o capital-humano da organização realmente foque na geração de valor para seu cliente e para organização. A IA tem também o papel de complementar as capacidades humanas, através da geração de ideias, que podem ser retiradas da análise da grande quantidade de dados disponíveis para a organização.

### **3.TECNOLOGIA MUDANDO O EMPREGO**

Os avanços tecnológicos recentes mostram que há uma mudança necessária nas habilidades dos trabalhadores para que continuem atuando em suas tradicionais posições de trabalho, as quais serão complementadas pelo uso de IA e automação, ou que consigam novas posições de trabalho que exijam habilidades complementares ao uso da tecnologia. Cargos de atividades consideradas manuais/rotineiras e em ambientes previsíveis estão mais propícios a substituição. Tudo isso altera fortemente como as organizações buscam seus talentos. Porém, vários fatores devem ser considerados para utilização de IA e automação como forma de substituir ou complementar o trabalho humano.

#### **3.1.TRABALHOS FÍSICOS SÃO PARA MÁQUINAS**

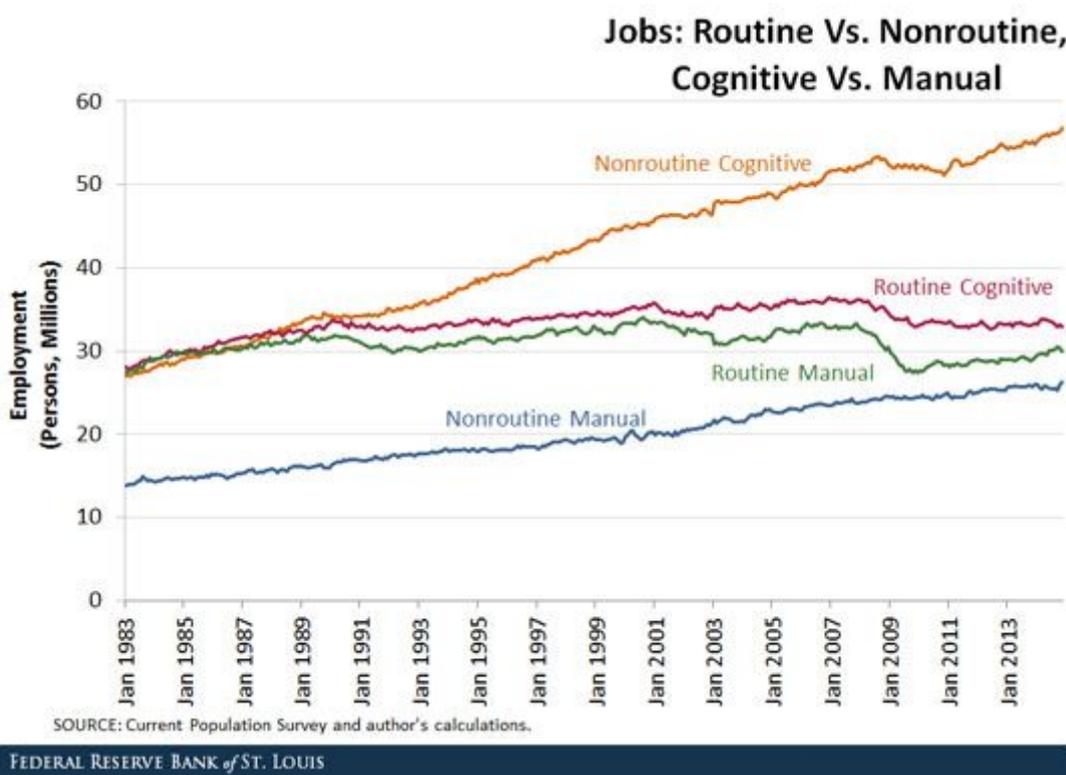
Os avanços exponenciais, mais notadamente da IA para tarefas específicas, só mostram o pouco preparo para lidar com a relação que esses avanços têm com a força de trabalho e geração de riqueza. Dado o potencial da IA de alterar a força de trabalho e geração de riqueza, insistir no aumento exclusivo da mão-de-obra e investimentos, como principal fator gerador de crescimento e riqueza, pode não ser o único caminho para guiar ao crescimento.

Todo alarde sobre como os recentes avanços tecnológicos podem tomar posições de trabalho pode parecer exagerado. No entanto, quando se observa mais atentamente como essas tecnologias computacionais vêm impactando no emprego e na força de trabalho, percebe-se que elas já vêm tomando empregos desde 1990 [21]. Para entender melhor essa questão, é necessário partir de uma breve classificação das ocupações dos trabalhadores, e atentar para quão rotineiras são suas atividades impactadas, já que essas são as que primeiro são, e serão, automatizadas. Também é importante observar e classificar essas ocupações enquanto ao uso de habilidades cognitivas ou manuais. A ilustração 10, mostra a evolução do emprego americano em quatro tipos de ocupação [22]:

1. Ocupações cognitivas não rotineiras, que incluem atividades ligadas ao gerenciamento e profissões especializadas;

2. Ocupações manuais não rotineiras, com ocupações de serviços relacionadas à assistência ou cuidado de outros;
3. Ocupações cognitivas rotineiras, abrangendo áreas como vendas e funções em escritório, serviços de atendimento;
4. Ocupações manuais rotineiras, que inclui ocupações de construção, transporte, produção e reparos.

**Ilustração 10: Evolução do emprego americano em quatro tipos de ocupação.**

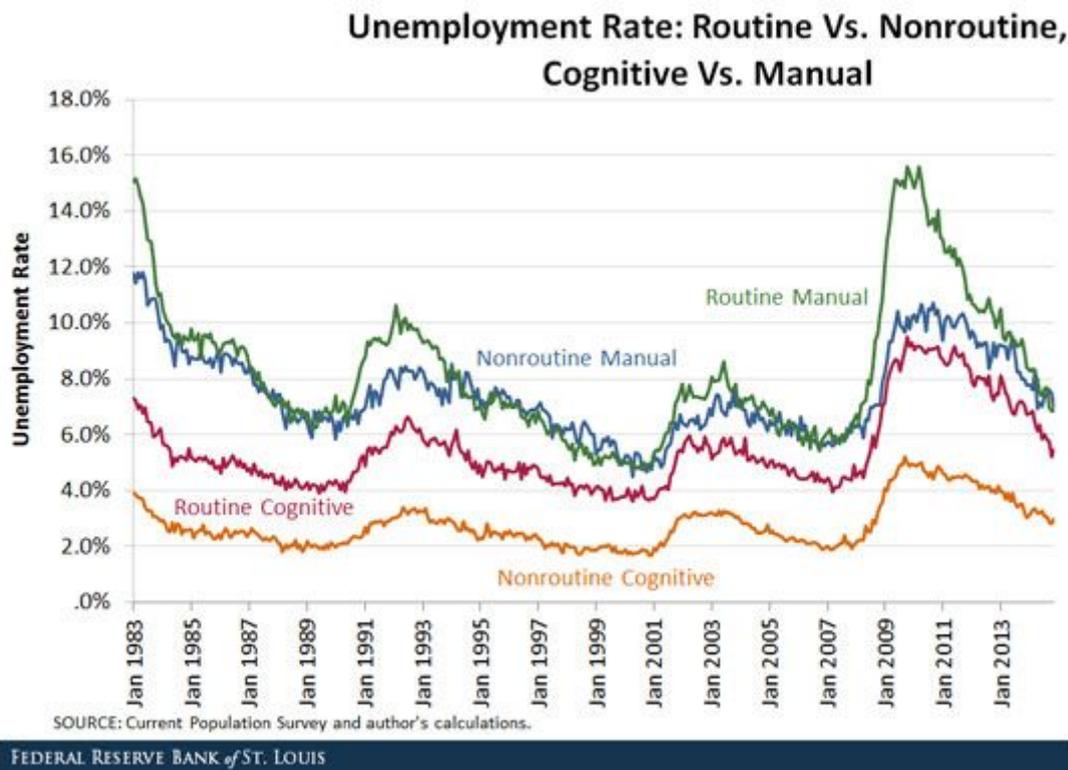


Fonte: [22]

Como se pode observar na ilustração, a demanda de emprego para atividades não rotineiras, ambas cognitivas ou manuais, tem aumentado nas últimas décadas. Ao passo que ocupações de rotina, manuais e cognitivas, têm observado uma certa estabilidade e declínio em período mais recente.

Olhando para as taxas de desemprego, as ocupações cognitivas tiveram em média uma taxa de desemprego menor, com os trabalhos não rotineiros apresentando a menor volatilidade. Já os trabalhos manuais apresentaram maior volatilidade na taxa de desemprego (ilustração 11 à frente).

## Ilustração 11: A evolução da taxa de desemprego para os quatro grupos ocupacionais



Fonte: [22]

O processo de automação tende a continuar e aumentar cada vez mais, fazendo com que posições de trabalhos que tenham como base atividade rotineiras fiquem cada vez mais escassas. É exatamente esse trabalho rotineiro, que uma vez formou a base da classe média americana (impulsionada por modelos de negócios inovadores, como o do empresário Henry Ford, que pagou às pessoas salários da classe média), e o trabalho cognitivo de rotina (que já preencheu espaços de escritórios dos EUA), que estão sob risco [21].

Tais empregos estão agora cada vez mais indisponíveis, restando apenas dois tipos de empregos com perspectivas positivas: empregos que exigem um mínimo de habilidades cognitivas, onde paga-se pouco para exercê-los e empregos que exigem mais habilidades cognitivas, onde paga-se bem [22].

### 3.2.NOVA REVOLUÇÃO

Ao longo da história o homem desenvolveu tecnologias que transformaram a sociedade e seu modo de vida. A industrialização nos séculos XIX e XX produziu grandes mudanças. Disrupções como a introdução da máquina/motor a vapor, dando uma ampla automação nas fábricas, o rápido crescimento industrial guiada pela produção em massa, introdução de tecnologias de computação representando um terceiro paradigma de mudança [23], transformaram as habilidades dos trabalhadores e as relações de trabalho com as organizações.

Esses avanços trouxeram o aumento da eficiência da força de trabalho, aumento da produtividade e melhoria geral dos padrões de vida. A automação do emprego tem provocado impactos sociais e econômicos significativos desde pelo menos as revoluções industriais. Atualmente, o cenário é de uma nova revolução, que será liderada pelos recentes avanços na tecnologia, sendo a IA um dos grandes participantes. É amplamente aceito que a IA irá automatizar alguns trabalhos. Porém, o debate agora é, se este é apenas mais um capítulo na história da automação, ou se IA vai afetar a economia de forma diferente das passadas ondas de automação.

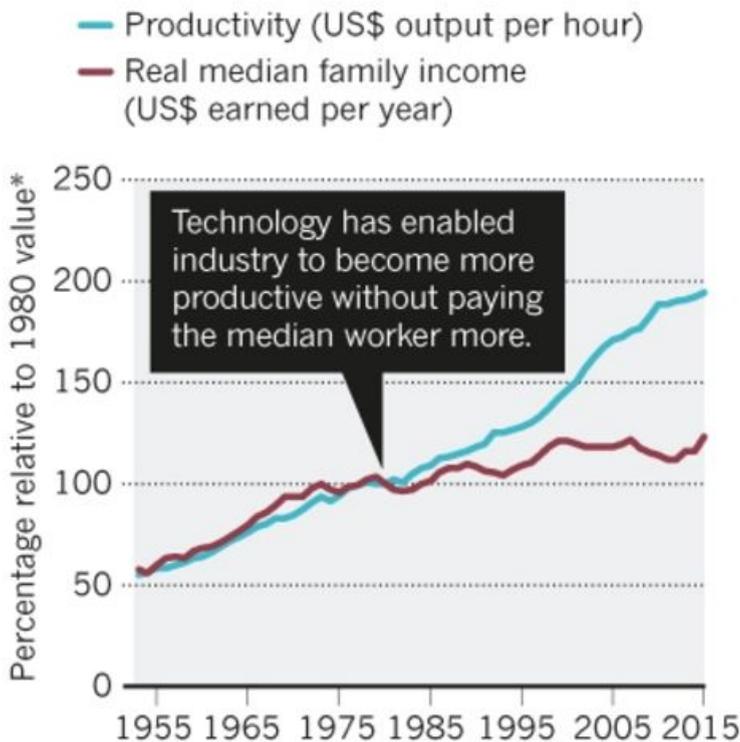
Nos últimos 15 anos o emprego mudou devido a recessões econômicas, crescente globalização e também aos avanços tecnológicos. Desde a década de 1990 os EUA têm experimentado um crescimento contínuo de produtividade e de PIB, mas a renda média do trabalhador estagnou, e a taxa de emprego para a população caiu [24] (ilustração 12 à frente).

## Ilustração 12: Níveis de produtividade e renda nos EUA

### JOB SHIFTS

For most people in the United States, incomes have stagnated (A) as the number and nature of jobs have changed over the past four decades (B).

#### **A** Levels of productivity and median income

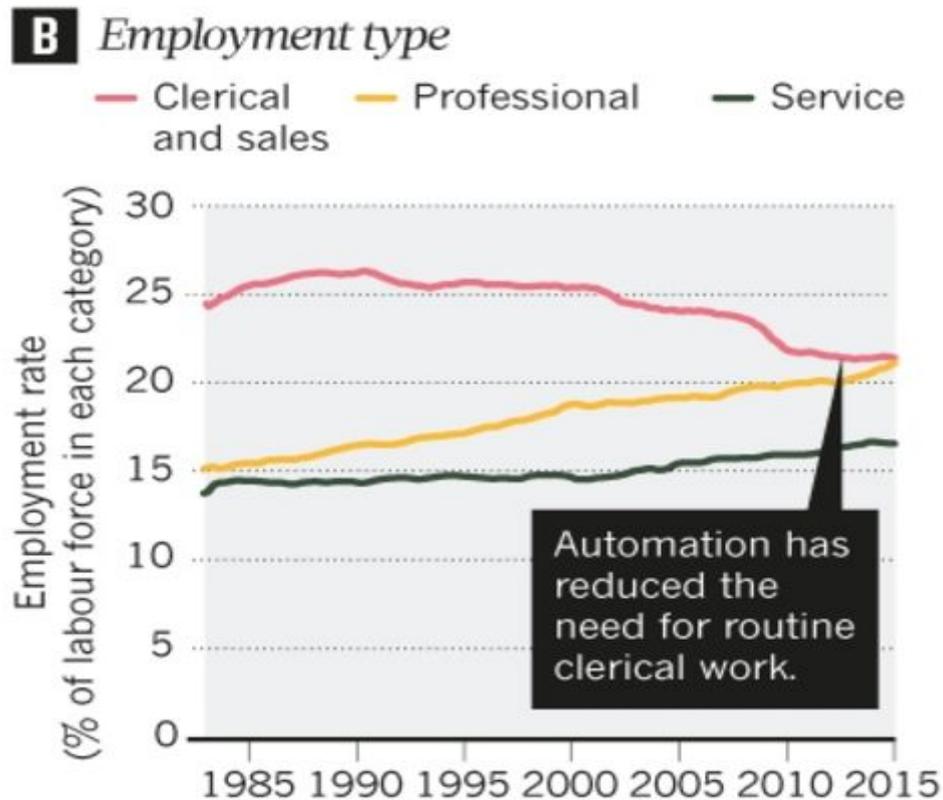


Fonte: [24]

Nos próximos 10-20 anos é possível que a tecnologia vá atingir a maioria das ocupações devido a susceptibilidade à informatização das tarefas [24] [11]. Esse potencial de automação difere entre as áreas e setores de produção [7]. Pode-se notar que a partir de 2010<sup>21</sup> (ilustração 13 à frente), o efeito da automação reduziu a demanda de trabalhos rotineiros, exatamente no mesmo período em que a produtividade cresceu nas indústrias, mas não acompanhado do crescimento na renda dos trabalhadores.

<sup>21</sup> Considerado como um período em que uma onda de entusiasmo emergiu com relação a IA (devido a fenômenos como Big Data, e que dá bases para o avanços em aprendizado de máquina), aumentando cada vez mais o poder de processamento dos computadores [6].

**Ilustração 13: Trajetória das taxas de emprego nos EUA por tipo de emprego.**



Fonte: [24]

É indiscutível o potencial da tecnologia de aumentar a produtividade e criar valor, mas a sua adoção precisa ser acompanhada de inovações paralelas que ocorram nos modelos de negócios, nas estruturas de processos das organizações e também nas habilidades dos trabalhadores. Os ativos intangíveis que compõem tanto o capital organizacional quanto o humano são frequentemente ignorados nos balanços das empresas e nas estatísticas oficiais do PIB [25]. Porém não são menos essenciais do que o hardware e software. Logo, não considerá-los pode ser um erro.

As trajetórias de variáveis como do emprego, tecnologia e produtividade abrem espaço para reflexões repletas de paradoxos. Como tanto valor pode ser criado para organizações e não para os trabalhadores? Como a tecnologia pode acelerar o crescimento e geração de valor sem aumentar a criação de trabalho? Parte das explicações pode ser encontrada na existência de uma crescente

incompatibilidade entre as tecnologias digitais, que avançam rapidamente, mas seu pleno benefício não vem sendo igualmente distribuído.

A chamada quarta revolução industrial, impulsionada predominantemente pelos avanços recentes na computação, já está alterando o emprego em relação tanto à oferta quanto à demanda das habilidades exigidas, e em relação aos salários. As tecnologias percebidas como as principais tendências dessa nova revolução podem ser, de alguma forma, resumidas na Tabela 1 à frente.

A questão se os avanços tecnológicos levarão a um deslocamento de trabalhadores ou desemprego, tem chamando a atenção nos últimos anos. Fruto do avanço da IA, cada vez mais se constata que máquinas possam concluir tarefas físicas e cognitivas não rotineiras, e principalmente em ambientes imprevisíveis. Pesquisas revelam que cerca de 47% do emprego total dos EUA estão em risco de serem informatizados<sup>22</sup> [26].

**Tabela 1: Principais *drivers* tecnológicos causadores de mudança de acordo com líderes da indústria.**

<b>Driver da mudança</b>	<b>Classificação como Top Driver (%)</b>	<b>Janela de tempo do impacto</b>
Internet móvel e tecnologia em nuvem	34	2016-2017
Avanços no poder computacional e grandes quantidades de dados	26	2015-2017
Novos materiais e tecnologias energéticas	22	2015-2017
A Internet das coisas	14	2015-2017
Crowdsourcing, a economia compartilhada, e Plataformas peer-to-peer	12	Impacto já sentido

---

<sup>22</sup> O termo informatizados se refere à automação do trabalho por meio de equipamentos controlados por computadores.

Robótica avançada e transporte autônomo	9	2018-2020
Inteligência Artificial e Aprendizagem Automática	7	2018-2020
Fabricação avançada e impressão 3D	6	2015-2017
Materiais avançados, biotecnologia e genômica	6	2018-2020

Fonte: [23]

O mesmo estudo [26] mostrou que dois terços dos norte-americanos (65%) acreditam que robôs e computadores irão fazer grande parte do trabalho atualmente realizado pelos seres humanos dentro de 50 anos. Porém, a maioria dos trabalhadores acredita que seus empregos existirão nas mesmas formas atuais em cinco décadas (44%), contra aproximadamente um em cada cinco trabalhadores que esperam que seus empregos atuais, provavelmente não - 12% e definitivamente não - 6%, não existam em suas formas atuais no futuro (ilustração 14 à frente).

**Ilustração 14: Expectativa dos trabalhadores em relação à substituição ou não das suas posições de trabalho.**

---

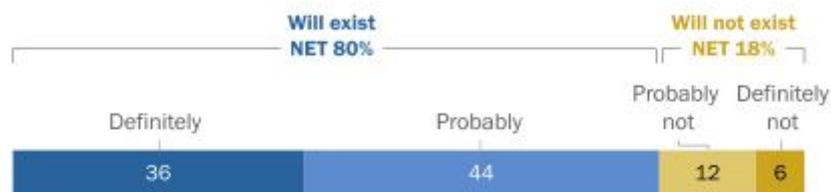
**Two-thirds of Americans expect that robots and computers will do much of the work currently done by humans within 50 years ...**

*% of adults who say that in the next 50 years robots and computers will do much of the work currently done by humans*



**... but most workers expect that their own jobs will exist in their current forms in five decades**

*% of workers who say the jobs/professions they work in now will/will not exist in 50 years*



Note: Second chart based on those who are currently employed on a full- or part-time basis

Source: Survey conducted June 10-July 12, 2015.

**PEW RESEARCH CENTER**

---

[www.pewresearch.org](http://www.pewresearch.org)

Fonte: [26]

Trabalhadores cujas atividades envolvem principalmente trabalho manual ou físico<sup>23</sup> expressam maior preocupação sobre as ameaças ao emprego que sejam causadas por substituição feitas por robôs ou outras máquinas<sup>24</sup>. No total, 17%

---

<sup>23</sup> Na pesquisa em questão esses trabalhadores incluem aqueles que responderam "sim" à seguinte pergunta: "Você diria que o tipo de trabalho que você faz envolve principalmente o trabalho manual e físico, ou não?".

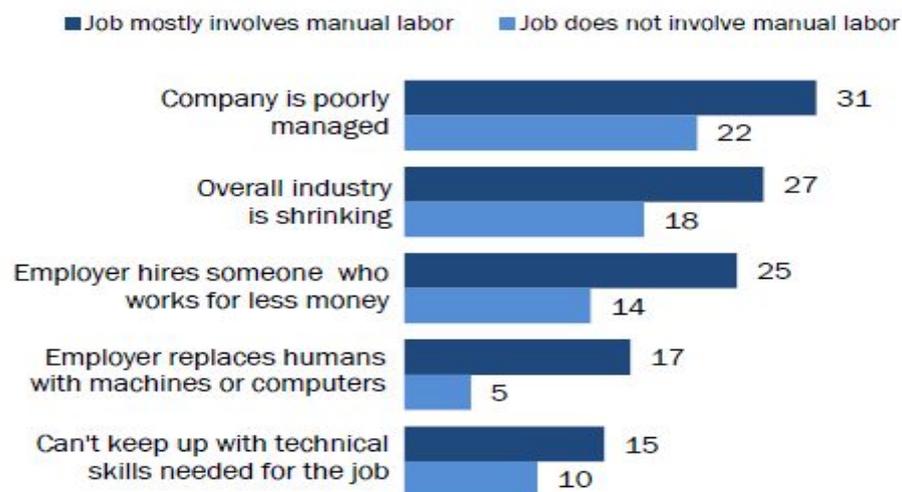
<sup>24</sup> Ver na ilustração 15, grupo "Job mostly involves manual labor", para o risco relativo à "Employer replaces humans with machines or computer").

destes trabalhadores, de cargos que envolvem principalmente atividades manuais, estão pelo menos um pouco preocupados com a ameaça da automação da força de trabalho. Já entre os trabalhadores cujos empregos não envolvem trabalho manual, apenas 5% expressam algum grau de preocupação sobre a ameaça da automação da força de trabalho (ilustração 15 à frente).

**Ilustração 15: Trabalhadores que realizam trabalhos físicos ou manuais e suas preocupações sobre uma série de ameaças iminentes de emprego.**

**Workers who perform physical or manual labor more concerned about a number of imminent jobs threats**

*% of workers in each group who are very/somewhat concerned about losing their current jobs because ...*



Note: Based on those who are currently employed on a full- or part-time basis

Source: Survey conducted June 10-July 12, 2015.

PEW RESEARCH CENTER

Fonte: [26]

Entre as causas que fariam os trabalhadores perderem suas posições de trabalho estão: mau gerenciamento da organização; encolhimento geral da indústria; o fato do empregador encontrar alguém que exerça o trabalho pagando menos; o empregado não atingir as habilidades necessárias para continuar competitivo; e, por fim, a substituição por máquinas ou computadores.

O trabalho em si tem um papel central no suporte à estabilidade e à produtividade da sociedade. Para serem bem sucedidas, as inovações de IA devem superar os medos humanos compreensíveis da marginalização do trabalho.

A IA também tem o potencial de influenciar no tamanho e localização da força de trabalho. Ou seja, muitas organizações e instituições são grandes porque elas requerem funções que só podem ser escaladas com a adição de mais trabalho humano, seja ele horizontalmente por áreas físicas, ou verticalmente em hierarquias de gerenciamento. A IA e seu potencial de escalabilidade podem implicar em redução no tamanho de grandes organizações.

Em muitos casos já é possível notar o número reduzido de funcionários, e a forma horizontal de estruturação da hierarquia<sup>25</sup> de gerenciamento, como o exemplo da Valve Corporation<sup>26</sup>. Como também mudanças em relação à localização dos funcionários, como é o caso da *Automattic*, companhia responsável pela plataforma *WordPress*, que resolveu fechar escritórios e adotar uma política de home office<sup>27</sup>.

Logo, percebe-se que a IA muda não somente as relações de trabalho com a mão-de-obra, como também o aumento da produtividade, mudanças nas habilidades e na renda, além de atingir empresas e a sua forma de organização, que precisam se adaptar a essas mudanças para extrair ganho máximo, evitando marginalizar o trabalhador.

### 3.3.POTENCIAL TÉCNICO DE AUTOMAÇÃO

O potencial técnico da automação pode ser entendido como quão suscetível está uma atividade a ser automatizada. Esse potencial difere entre áreas de aplicação. Tecnologias que automatizam o trabalho, quando exercem o papel de tomar, criar ou substituir posições de trabalho, levantam sempre a seguinte questão: quais trabalhos serão ou não substituídos por máquinas?

---

<sup>25</sup> Steve Denning. 2014. No Managers? No Hierarchy? No Way!. Disponível em: <<https://www.forbes.com/sites/stevedenning/2014/04/18/no-managers-no-hierarchy-no-way/#1256f8b37667>>. Acessado em 24 Maio 2017.

<sup>26</sup> Valve Corporation é uma empresa desenvolvedora de jogos eletrônicos e de distribuição digital norte americana. Como a empresa mudou-se para os lançamentos digitais, onde eles servem como sua própria editora, a estrutura da empresa tornou-se mais como uma organização plana.

<sup>27</sup> Site da empresa: <<https://automattic.com>>. Notícia sobre nova política de *home-office*: <<https://conteudo.startse.com.br/siliconvalley/felipe/startup-do-vale-do-silicio-responsavel-por-25-da-internet-manda-todos-para-casa/>>. Acessado em 19/07/17.

Como já foi discutido, o efeito da automação no curto prazo é de automatizar tarefas e não tomar posições de trabalho completamente, buscando custo reduzido e maior eficiência. A automação tende a eliminar muito poucas posições de trabalho nos próximos 10 anos [7]. Mas é certo de que irá afetar porções de quase todos os tipos de trabalhos e áreas, em diferentes níveis, que dependem do tipo de trabalho envolvido.

Os usos de IA e automação vão além de atividades de fabricação de rotina. Novos setores já estão sentindo essas transformações, como saúde e finanças, entre outros, que envolvem parcela substancial do trabalho de conhecimento ou habilidades cognitivas.

O potencial de viabilidade técnica da automação foi definido através de uma análise de mais de 2000 atividades de trabalho em mais de 800 ocupações, quantificando o tempo gasto na atividade durante uma semana de trabalho e sua a viabilidade técnica de automatizar cada um delas pela adoção de tecnologias<sup>28</sup> disponíveis atualmente.

Descobertas iniciais [7] apontam estimativas de que com as tecnologias atuais seja possível automatizar 45% das atividades em que pessoas são pagas para exercer, e que cerca de 60% de todas as ocupações irão sentir 30% ou mais de suas atividades ou tarefas automatizadas pelas tecnologias disponíveis atualmente [7]. As atividades foram classificadas de acordo com sua susceptibilidade à automação, em três grupos: aqueles que são altamente suscetíveis; aqueles que estão em uma faixa intermediária à susceptibilidade à automação, e os menos suscetíveis à automação.

Os resultados da pesquisa [7] (ilustração 16 à frente) mostram sete grupos de atividades. As áreas foram: gerenciamento de pessoas; aplicação de expertise que se refere na tomada de decisão; planejamento ou tarefas que envolvam criatividade; interações das partes interessadas, por exemplo, clientes e fornecedores; trabalho físico imprevisível com atividades físicas e operação de máquinas desempenhadas

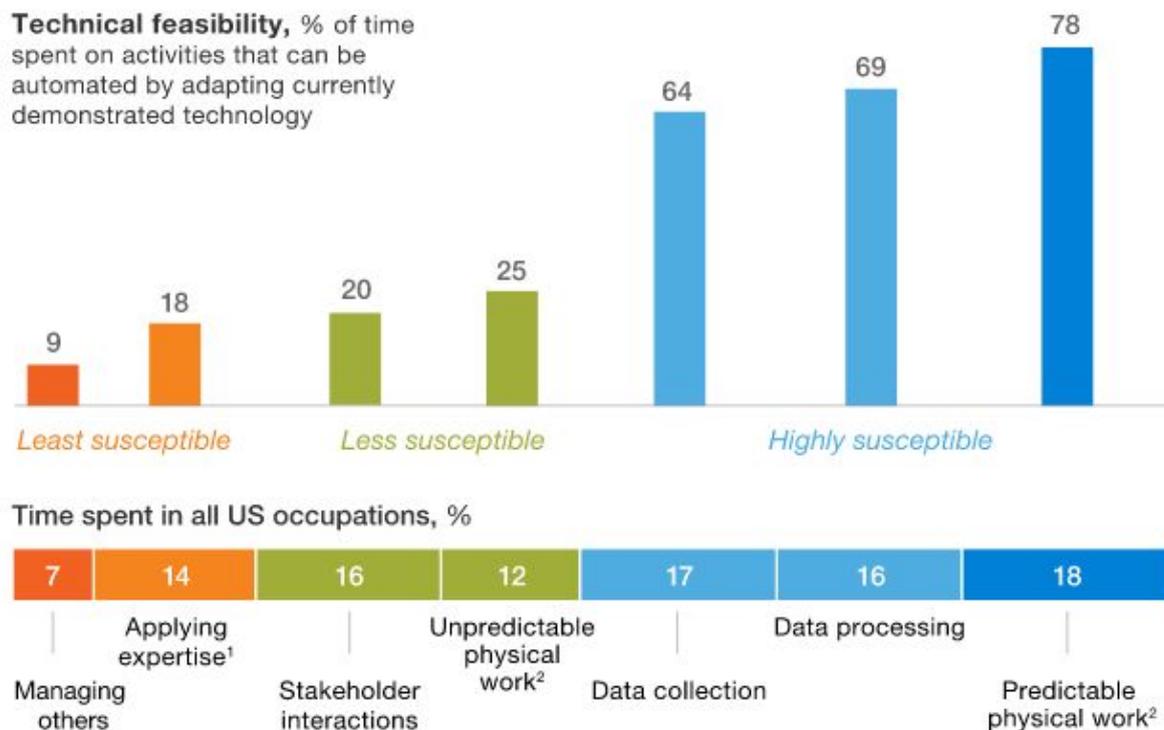
---

<sup>28</sup> No estudo realizado as tecnologias consideradas foram aquelas que já exibiram um nível de desempenho e confiabilidade, necessárias para automatizar 1 ou mais dentre 18 capacidades envolvidas na realização de atividades de trabalho. O nível de desempenho dessas tecnologias pode ser demonstrado através de produtos comercialmente já disponíveis, e em outros casos através de projetos de pesquisa [7].

em ambiente imprevisível; atividades relacionadas à agrupamento de dados; processamento de dados; e, por fim, trabalho físico previsível em ambiente previsível.

**Ilustração 16: Viabilidade Técnica de automação de atividades de trabalho.**

Analyzing work activities rather than occupations is the most accurate way to examine the technical feasibility of automation.



In practice, automation will depend on more than just technical feasibility. Five factors are involved: technical feasibility; costs to automate; the relative scarcity, skills, and cost of workers who might otherwise do the activity; benefits (eg, superior performance) of automation beyond labor-cost substitution; and regulatory and social-acceptance considerations.

<sup>1</sup>Applying expertise to decision making, planning, and creative tasks.

<sup>2</sup>Unpredictable physical work (physical activities and the operation of machinery) is performed in unpredictable environments, while in predictable physical work, the environments are predictable.

McKinsey&Company

Fonte: [7]

As *atividades altamente suscetíveis* à automação consideradas foram a coleta e processamento de dados e trabalho físico com ambiente previsível. As *atividades com menor nível de susceptibilidade* a automação foram: trabalhos físicos em

ambiente imprevisível e interação com os participantes do negócio (mas que mesmo assim já há exemplos de como a tecnologia vem atuando para realizar essas atividades, como é o caso da “Amélia”<sup>29</sup>). E por fim, *as atividades com menor nível de viabilidade técnica para automação*: Gerenciamento de pessoas e aplicação de conhecimentos, expertises na tomada de decisão, planejamento e atividades que envolvam criatividade.

A pesquisa [7] considerou quatro fatores que são fundamentais para as condições de aplicação ou não da automação de atividade. A viabilidade técnica da automação é o *primeiro fator* considerado como uma pré-condição para a automação, mas não determina totalmente que a atividade será automatizada. Um *segundo fator* é o custo de desenvolver e implantar hardware e software para automação, que também inclui o custo da mão-de-obra que está relacionado com a dinâmica da oferta e demanda da força de trabalho. Ou seja, se há mais mão-de-obra e custam menos que o custo de desenvolvimento e implementação da automação, pode representar um fator decisivo contra a implantação da automação. Um *último fator* que deve ser considerado são benefícios que estão além da substituição do trabalho, como por exemplo, se essa substituição elevou os níveis de produção, melhorando a qualidade, gerando menos erros. Esses benefícios muitas vezes podem ser levados mais em conta do que apenas a redução dos custos com mão-de-obra.

Regulamentação e aceitação social, que estão relacionadas com o grau em que máquinas são aceitas em determinada atividade, também devem ser levados em consideração. Como por exemplo, um robô é capaz de realizar algumas tarefas de uma enfermeira, mas talvez nem todos os pacientes estão preparados para lidar com essa maneira de aproximação, que pode ser desagradável para aquelas que estavam esperando uma interação humana. O potencial de automação para assumir um setor ou ocupação reflete da interação entre esses fatores e seus “*trade-offs*”, buscando um equilíbrio alcançado entre as características desejáveis mas incompatíveis.

---

<sup>29</sup> Web site: <http://www.ipsoft.com/amelia/> Casos de uso em diversos setores: <[http://www.ipsoft.com/wp-content/uploads/2016/11/Amelia\\_In\\_Action.pdf](http://www.ipsoft.com/wp-content/uploads/2016/11/Amelia_In_Action.pdf)>. Acessado em 19/07/17.

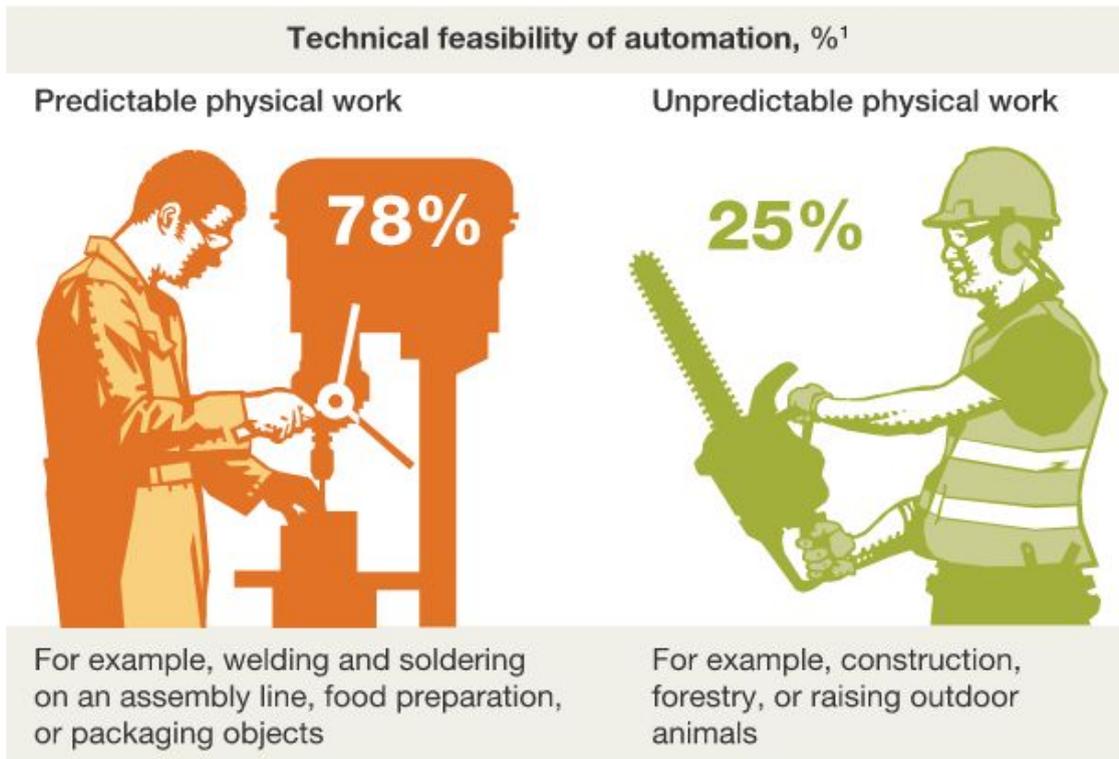
O uso da automação em algumas atividades não necessariamente quer dizer o fim dessa posição de trabalho, mas pode também significar o aumento da demanda dessas ocupações, já que a demanda para outras atividades da ocupação ainda existem. Um exemplo foi a implantação em larga escala de scanners de código de barras em sistemas de vendas nos EUA na década de 80. Os scanners que foram considerados peças fundamentais no processo de inovação na cadeia de suprimentos de supermercados reduziram o custo da mão-de-obra em até 4,5% estimado, e os custos nas mercadorias em até 1,5% [7]. Mas não excluiu definitivamente as posições de caixa nos supermercados.

Entre 1980 e 2013 o emprego no setor de supermercados cresceu modestamente a uma taxa média de mais de 2%. E as perspectivas de crescimento continuarão baixas; estima-se que o emprego nesse setor nos Estados Unidos deverá manter a média de 2% de 2014 para 2024, mais lento do que a média para todas as ocupações [27]. Isso se dá pelos avanços na tecnologia, como os serviços de auto-atendimento nas lojas de varejo e o aumento das vendas pela Internet, que continuarão a limitar a necessidade de caixas, mas até então a ocupação não foi totalmente substituída [27].

### **3.3.1.AS ATIVIDADES MAIS AUTOMATIZADAS**

De acordo com o estudo [7], um quinto do tempo gasto pelos trabalhadores norte-americanos envolve atividades físicas ou a operação de máquinas em um ambiente previsível. Ou seja, atividades e ações já planejadas em ambientes também já conhecidos, e onde quaisquer eventuais mudanças são fáceis de antecipar. Então a viabilidade técnica de automatizar atividades físicas previsíveis foi de 78%, o maior nível entre as atividades (ilustração 17 à frente). Essas atividades são predominantes em setores como fabricação, serviços de alimentação e acomodações, três setores que lideram o rank de automação.

## Ilustração 17: Viabilidade Técnica de automação (em %).



<sup>1</sup>% of time spent on activities that can be automated by adapting currently demonstrated technology.

McKinsey&Company

Fonte: [7]

Apesar do grande potencial de automatização de atividades relativas à fabricação nos EUA, este é apenas o segundo setor mais automatizado (O líder é o *setor de serviços* como acomodações e serviços de alimentação<sup>30</sup>), onde quase metade do tempo gasto no trabalho está envolvida com atividades físicas previsíveis e operação de máquinas, as quais incluem todo o processo de preparação e de servir comida e a limpeza de áreas comuns. O estudo calculou que 73% das atividades feitas por trabalhadores nos setores de alimentos e acomodações têm potencial de serem automatizadas [7].

Como já acontece com cafeteiras automatizadas amplamente utilizadas, ou possibilidades de pedidos de autoatendimento, tem-se até tentativas mais ousadas, como é o caso da máquina de hambúrgueres da *Momentum*<sup>31</sup>, um dispositivo que faz hambúrgueres do zero, sem nenhuma interação humana. Isso gerou

<sup>30</sup> Ver ilustração 17, primeira linha de setores, última coluna de atividades "*Predictable physical work*"

<sup>31</sup> Web site: <<http://momentummachines.com/>>. Acessado em 19/07/17.

descontentamento da classe trabalhadora do segmento de *fast food*, que já luta por melhores pagamentos, e que agora tem que lidar com a propensão do mercado e dos executivos de terem robôs como seus próximos contratados. Fato esse que já acontece com algumas redes tradicionais que já estão operando quase inteiramente com robôs<sup>32</sup>.

Apesar alto potencial de automação, os benefícios e os custos da automação também devem ser levados em consideração. No caso do setor alimentício, por exemplo, as taxas de salários atuais estão entre as mais baixas dos EUA, o que reflete menores habilidades necessárias e o tamanho da oferta de mão-de-obra disponível. Com uma média de salários entre cerca de US \$ 10 por hora [28], não seria viável automatizar o setor apenas com a intenção de reduzir os custos com a mão-de-obra.

Não é apenas porque uma atividade pode ser automatizada que ela será. Fatores econômicos mais amplos também entram em jogo. Além da viabilidade técnica para automação, também ocorrem custos de desenvolver e implantar a automação e os custos do trabalho que está sendo substituído ou complementado.

Os benefícios da automação, em relação a aumento de qualidade e produção, devem também ser levados em conta. Posições como contadores e funcionários de auditoria, por exemplo, exigem muitas habilidades e treinamento, sendo mais escassos do que a oferta de profissionais de cozinha básica, mas as atividades que realizam custam menos para automatizar, exigindo principalmente software e um computador básico.

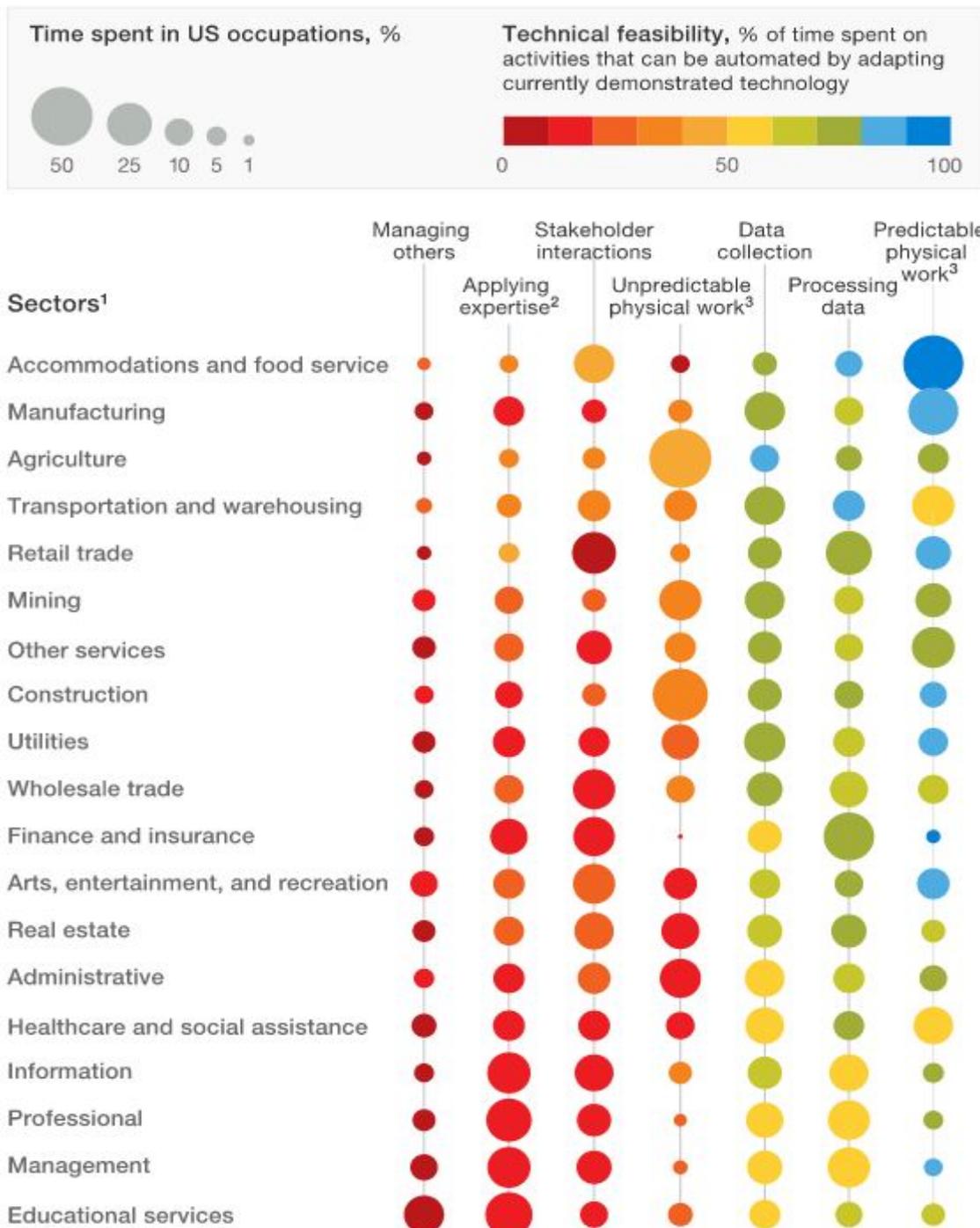
Esse tipo de consideração atenua a tendência para maiores taxas de automação em atividades comuns de trabalhos que exigem habilidade média, como, por exemplo, na coleta de dados e no processamento de dados. À medida que a capacidade da automação avança, trabalhos envolvendo habilidades mais altas também serão automatizados a taxas cada vez maiores. Há grande variação na forma como a automação pode ser desempenhada, tanto em setores individuais quanto em diferentes tipos de atividades dentro delas (ver ilustração 18 à frente).

---

<sup>32</sup> McDonald's em Fênix, Arizona, Estados Unidos, já operando com time reduzido de humanos, e quase inteiramente com robôs no processo de fabricação. Fonte: <<http://newsexaminer.net/food/mcdonalds-to-open-restaurant-run-by-robots/>>. Acessado em 6 de Junho de 2017

**Ilustração 18: Viabilidade técnica da automação por vários tipos de atividades nos setores industriais.**

Automation is technically feasible for many types of activities in industry sectors, but some activities can be more affected than others.



In practice, automation will depend on more than just technical feasibility. Five factors are involved: technical feasibility; costs to automate; the relative scarcity, skills, and cost of workers who might otherwise do the activity; benefits (eg, superior performance) of automation beyond labor-cost substitution; and regulatory and social-acceptance considerations.

<sup>1</sup>**Agriculture** includes forestry, fishing, and hunting; **other services** excludes federal-, state-, and local-government services; **real estate** includes rental and leasing; **administrative** includes administrative support and government administration; **healthcare and social assistance** includes private, state-government, and local-government hospitals; **professional** includes scientific and technical services; **educational services** includes private, state-government, and local-government schools.

<sup>2</sup>Applying expertise to decision making, planning, and creative tasks.

<sup>3</sup>Unpredictable physical work (physical activities and the operation of machinery) is performed in unpredictable environments, while in predictable physical work, the environments are predictable.

McKinsey&Company

Fonte: [7]

Pode-se observar nesta ilustração, onde o tamanho da esfera é relativo a porcentagem de tempo gasto na atividade e a cor está relacionada com a viabilidade da atividade ser automatizada, a tendência negativa de automação em áreas que envolvem mais o relacionamento ou interação humana, tais como o gerenciamento de pessoas e na tomada de decisões e planejamentos. E também em áreas como saúde e assistência social e na educação, onde o papel humano é essencial. E que em muitos setores ainda não é viável automatizar tarefas que compõem a maioria das atividades realizadas pelos trabalhadores.

### 3.3.2.FAIXA INTERMEDIÁRIA DO POTENCIAL DE AUTOMAÇÃO

O estudo [7] também concluiu que  $\frac{1}{3}$  (um terço) do tempo gasto em local de trabalho em todas as ocupações envolve atividades de coleta e processamento de dados, ambas têm potencial de automação que excede os 60% (ver ilustração 16). Tradicionalmente muitas organizações automatizam atividades administrativas e com os avanços tecnológicos cada vez mais presentes nos processos das organizações, a qualidade e escalabilidade dessas atividades aumentaram.

E não são apenas trabalhadores de cargos menos estratégicos, ou com salários mais baixos, que passam por esse processo de coleta e processamento de dados. A pesquisa [7] mostrou que ocupações com salários superiores a US\$ 200.000 ao ano gastam 31%, quase  $\frac{1}{3}$  (um terço) do seu tempo de trabalho com atividades de coleta e processamento de dados.

Exemplos dessas atividades são encontrados nos setores financeiros e de seguros, que requerem expertise profissional para exercer suas tarefas [7]. Mais uma vez, cerca de 50% do tempo total da mão-de-obra em finanças e seguros são dedicados à coleta e processamento de dados.

Outras atividades na faixa intermediária são as que envolvem prioritariamente atividade física ou a operação de máquinas em ambientes imprevisíveis. Esses tipos de atividades constituem uma proporção elevada do trabalho em setores como agricultura, construção e também podem ser encontrados em muitos outros setores. Essas tarefas de atividade físicas que exigem flexibilidade em ambientes imprevisíveis são mais difíceis de automatizar, com potencial de automação de 25% (ilustração 16).

### **3.3.3. ATIVIDADES COM BAIXO POTENCIAL PARA AUTOMAÇÃO**

As atividades mais difíceis de serem automatizadas são aquelas que são relacionadas com gerenciamento e desenvolvimento de pessoas 9% (ver ilustração 16), ou que necessitam da aplicação de experiência na tomada de decisão, planejamento ou trabalho criativo 18% (ilustração 16) [7]. A importância da interação humana se mostrou essencial em dois setores, que até então têm baixos potenciais de automação: saúde e educação.

O campo da saúde já experimenta bastante suporte da tecnologia, como o auxílio no diagnóstico e medidas preventivas a partir da análise de dados de pacientes. Porém, é pouco provável que a automação vá substituir os profissionais em suas atividades diárias, que requerem experiência no caso e contato com os pacientes [7]. Por exemplo, entre 30% das atividades de uma enfermeira poderiam ser automatizadas, e para dentistas esse potencial é de cerca de 13%. Entretanto, há a questão da aceitação da automatização no setor é de extrema importância, uma vez que nem todos os pacientes estão prontos para lidar com robôs [7].

A área da educação é vista até agora o menor potencial de automação. Essencialmente a atividade de ensinar requer profunda expertise e experiência, e é realizada através de interações bastante complexas com o aprendiz. Porém, há a possibilidade de automatização de atividade que ocorrem fora da sala de aula, como em setores de limpeza, cozinha, e atividades administrativas. A automação de

atividades, principalmente administrativas, como coleta e processamento de dados pode ajudar a reduzir o crescimento das despesas na educação, reduzindo custos sem afetar sua qualidade [7].

Muitas mudanças no setor da educação em relação a dar autonomia a estudantes e professores, como por exemplo, o de ensino a distância, que prioritariamente se baseiam em tecnologias. Universidades sem professores, como é o caso da 42<sup>33</sup>, onde a ideia é receber por ano estudantes interessados em programação de computadores e desenvolvimento de software, são um exemplo nesta direção. Durante o curso os alunos trabalham sempre em grupo e avaliam os trabalhos uns dos outros. O projeto tem como bases o aprendizado colaborativo e a quebra de paradigma do aprendizado passivo tradicional. No entanto, o modelo “sem professores” pode não ser adequado a todos os tipos de alunos. Como reforçam especialistas, a presença e supervisão do professor é essencial para desafiar os alunos e tornar o ensino colaborativo mais eficaz.<sup>34</sup>.

---

<sup>33</sup> <<https://www.42.us.org/>>. Acessado em 19/07/17.

<sup>34</sup> <<http://www.bbc.com/portuguese/internacional-37797400>>. Acessado em 19/07/17.

## **4.TENDÊNCIAS NA RELAÇÃO DA IA COM FORÇA DE TRABALHO**

A partir do que foi tratado nos capítulos anteriores, é possível inferir que um tratamento da questão do uso de IA e da automação na relação com a força de trabalho exige uma reflexão bem mais aprofundada.

Os avanços em TI e nas áreas de IA só tendem a continuar, e cada vez mais melhorias irão atingir mais áreas, possibilitando novas capacidades. Avanços em aprendizagem mecânica, visão computacional e reconhecimento de fala, robótica, internet das coisas entre outras têm ocorrido; no entanto, ao mesmo tempo, o crescimento da produtividade tem desacelerado [23].

Este fato poderia ser um indicador da diminuição do ritmo do progresso tecnológico, - o que, todavia, não ocorreu. A explicação para isso pode estar no fato de que há atrasos importantes associados à adoção, co-invenção, mudanças na organização e atualização das habilidades, que normalmente são necessárias para traduzir a mudança técnica em valor econômico.

E, uma vez que os efeitos do uso de IA e automação na mão de obra são determinados não apenas pelas capacidades das tecnologias, mas também, por como elas são usadas pelas pessoas, organizações e pelas políticas associadas para responder a essas mudanças no cenário econômico e social, a incorporação disso tudo nos indicadores de progresso tecnológico é lenta.

A velocidade com que os avanços tecnológicos automatizam tarefas não é a mesma pela qual a demanda por trabalho é afetada. Mudanças na demanda afetam salários, empregos e habilidades que serão exigidas dos trabalhadores. Organizações fundamentalmente baseadas em tecnologias e automação irão requerer cada vez menos mão de obra no futuro. A questão central é a de como será o futuro com organizações automatizadas por IA.

### **4.1.FUTURO COM ORGANIZAÇÕES AUTOMATIZADAS POR IA**

Os desafios que a automação do trabalho pela IA e áreas complementares trarão para decisões políticas e sociais, para os líderes organizacionais e também

para os trabalhadores, podem ser resumidos pela questão de como capturar os efeitos positivos dessas mudanças.

Em épocas de crescimento lento do PIB, com níveis de produtividade sendo cada vez mais afetados por tendências demográficas na maioria dos países, o uso de IA para automação do trabalho pode servir como um benefício não previsto para a economia mundial [29]. Ainda mais se for usado de maneira que busque não apenas aumentar produtividade, mas também alterar a forma como a riqueza é gerada [2].

No entanto, as ansiedades sobre o emprego perdido devido à marginalização do trabalho humano e os rendimentos reduzidos, já criam uma reação contra as tendências globalizadoras e modernizadoras. Uma vez que desde as revoluções industriais as tecnologias inovadoras sempre despertaram medos e emoções em relação aos seus efeitos, principalmente na classe trabalhadora, é natural que a automação do trabalho pela IA desperte os mesmos sentimentos no futuro.

O fato de que as faixas salariais tendem a cair em valor enquanto a produtividade aumenta em muitas economias avançadas, sugere uma desconexão entre produtividade e rendimentos. A automação pode, eventualmente, agravar ainda mais este quadro. Pode ser notado um desajuste significativo de habilidades na força de trabalho global, como altos níveis de desemprego juvenil<sup>35</sup> e ao mesmo tempo falta de candidatos a emprego com habilidades críticas e específicas. Como já foram mostradas as dificuldades de recrutar talentos nas áreas, por exemplo, de “*analytics*” [6]. Reverter essa situação pessimista depende de um trabalho conjunto entre educadores, governos e organizações.

Incertezas como momento o da adoção da automação, e os impactos potencialmente variáveis entre setores, países, locais de trabalho, só aumentam a complexidade do desafio e preparação para as possíveis mudanças que estão por vir. No entanto, essa preparação é possível e necessária não só no mundo dos negócios, mas também no nível da política e para os indivíduos.

---

<sup>35</sup> A Organização Internacional do Trabalho (OIT) estima que a taxa global de desemprego juvenil deverá atingir 13,1 por cento em 2016 e permanecer nesse nível até 2017 (ante 12,9 por cento em 2015). Disponível em: <<http://www.un.org/youthenvoy/2016/08/global-youth-unemployment-rise/>>. Acessado em 19/07/17.

Líderes precisam identificar onde a automação pode transformar as organizações, planejar e iniciar a migração dos processos da organização que serão guiados pela IA. Um bom começo é identificar em seu negócio os potenciais processos e atividades que já podem ser transformadas, tentando encontrar o ponto chave onde o máximo de valor será extraído. Já que o ideal da automação seria de não só apenas reduzir os custos do trabalho da mão de obra, mas sim, aumentar a produtividade através de menos erros, quanto maior produção, melhor qualidade, segurança e velocidade.

Grandes desafios para líderes também se encontram na própria mão de obra e nas mudanças organizacionais necessárias que envolvem processos de negócios já consolidados e toda a cultura da organização. Uma vez que a liderança tem o entendimento da viabilidade de automação de certas atividades, ela pode repensar como os trabalhadores se engajam em suas posições, e como melhor utilizar plataformas digitais guiadas por dados e IA, para melhor unir indivíduos e equipes.

#### **4.2.NOVA GERAÇÃO DE TRABALHOS NA ECONOMIA DA IA**

Tendências de substituição do trabalho humano só enfatizam habilidades como criatividade, adaptabilidade e habilidades interpessoais. Essa mudança nas habilidades requeridas aos trabalhadores pode vir a partir de mudanças nos sistemas educacionais que precisarão se adaptar e preparar os indivíduos para as mudanças no mercado de trabalho.

Os avanços em TI também dão suporte a esse desenvolvimento educacional, oferecendo novas formas de acesso à educação, como os exemplos da *Coursera* e *Udacity*, que já experimentam novos modelos de educação continuada, baseada na Internet<sup>36</sup>.

O uso de IA pela a força de trabalho no futuro está além de apenas uma ferramenta que complementa atividades. Ela pode ser interpretada, como uma espécie de “*colega de trabalho*”, pelo fato da IA ter a capacidade de criar mão de obra e capital, estando onipresente na vida não só dos indivíduos como das organizações.

---

<sup>36</sup> <<https://www.coursera.org/>> e <<https://www.udacity.com/>>. Acessado em 19/07/17.

Novas habilidades devem ser estimuladas desde a educação básica, utilizando-se de formas de aprendizado orientadas à resolução de problemas e colaborativismo. Com o mundo cada vez mais digital, entendimentos sobre ciência da computação - CC serão vitais em cada vez mais áreas. É fundamental a introdução da disciplina de CC, como parte da formação educacional. O mesmo pode ser dito também da robótica, matemática computacional e arte computacional para estimular estudantes que têm o interesse e o talento para se tornarem cientistas da computação, ou, que usem computadores para aprimorar seu trabalho em outros campos.

Programas de incentivo já ocorrem em países como Israel<sup>37</sup>, Reino Unido<sup>38</sup>, como também *Computer Science For All*<sup>39</sup>, nos EUA, onde 40% das escolas já estão ensinando programação de computadores [30]. Expandir e incentivar o ensino de CC ao longo da formação básica dos estudantes irá beneficiar não só os próprios estudantes, como também a área da computação.

Considerar como a próxima geração entende e interage com novas tendências tecnologias que podem ter impactos significativos no cenário social, econômico e cultural, é um investimento que será revertido em longo prazo. Desta forma, estar-se-á ajudando a superar desafios e medos da marginalização do trabalho humano e destruindo barreiras e tendências que venham a desencorajar o progresso do desenvolvimento tecnológico e científico.

---

<sup>37</sup><<http://www.nextgenskills.com/israel-leads-the-way-on-computer-science-in-schools/>>. Acessado em 19/07/17.

<sup>38</sup><<https://www.computingschool.org.uk/>>. Acessado em 19/07/17.

<sup>39</sup><<https://obamawhitehouse.archives.gov/blog/2016/01/30/computer-science-all>>. Acessado em 19/07/17.

## 5. CONCLUSÃO

Transformações tecnológicas disruptivas sempre moldaram a dinâmica de funcionamento das organizações, da sociedade e dos governos. Uma nova revolução em curso, orientada pela IA, desafia a economia e as relações do emprego de maneira até então não percebida em anteriores ondas de automação.

Sua singularidade está em ter a capacidade de romper com os modelos tradicionais de geração de riqueza e aumento de produtividade, superando as limitações do capital e da força de trabalho com uma mão de obra crescentemente inteligente. Este fenômeno tem acirrado competitividade global, e, ao mesmo tempo, faz emergir questões como a marginalização do trabalho humano, trazendo desafios não só para os trabalhadores, como também para organizações, onde ambos serão moldados para se adequarem ao novo modelo de crescimento econômico.

A IA está resolvendo, e irá, resolver cada vez mais tarefas em cada vez mais setores, gerando benefícios que devem ser experimentados por todos. E não apenas as organizações estão percebendo o aumento de produção, mas ao mesmo tempo o trabalhador vê sua renda estagnar, e a oferta e demanda de trabalho diminuem em cada vez todos os níveis de habilidades e áreas.

Como visto ao longo deste trabalho, a relação do uso intensivo de IA e áreas adjacentes é de cada vez mais **complementar** posições de trabalho, principalmente no contexto de trabalhos com atividade previsíveis, em ambientes previsíveis e com eventuais mudanças, de fácil previsão e adaptação.

O potencial de automação para assumir um setor ou ocupação se reflete no “*trade-off*” de um conjunto de fatores como a viabilidade técnica da automação, custo de desenvolvimento e implantação, custos com a mão de obra e os benefícios em relação a melhoria do da qualidade do processo produtivo. Tudo buscando um equilíbrio entre as características desejáveis, mesmo que incompatíveis.

Uma contribuição importante, constatada no trabalho foi a de que a IA, com seu potencial de escalabilidade, pode ter significativas implicações em reduzir o tamanho de grandes organizações, e impactos até onde sua mão de obra está localizada.

Dessa forma, pode-se concluir, que à medida que a automação do trabalho físico e cognitivo avança, muitos trabalhos serão redefinidos em vez de eliminados, pelo menos em curto prazo. Capacidades como criatividade, sensação de emoções e relações interpessoais, fundamentais na experiência humana, e também difíceis de automatizar ou substituir, serão essenciais nos profissionais do futuro. E essa redefinição de habilidades profissionais tende cada vez a se relacionar com a ciência da computação. Como apontando no trabalho, tal relação, que deve vir desde da formação básica educacional, deve ser estimulada através de formas de aprendizado orientado à resolução de problemas e colaborativismo.

Muito tem sido especulado principalmente pela característica substitutiva da IA com a mão de obra. A preocupação parece estar mais aquecida no setor privado, onde diversas instituições já descrevem possíveis previsões de impactos em relação a aumento de produtividade, demanda de emprego e renda. A contribuição da academia internacional se resume a discorrer e identificar tendências, desafios e oportunidades abertas, mas sem intenção declarada (até então) de recomendar políticas concretas, mas sim de descobrir as principais áreas de atenção e propor maneiras de melhorar a compreensão da sociedade sobre elas.

Este trabalho tenta contribuir para o despertar do interesse na compreensão na profunda e complexa questão da substituição da mão de obra humana pelo uso de tecnologias de automação e de IA, e de seus possíveis efeitos na economia e sociedade.

## **5.1. TRABALHOS FUTUROS**

Uma lição aprendida ao longo deste trabalho é a da complexidade das questões tratadas. Além da novidade do problema trabalho, há ainda o fato de que a literatura sobre o tema relacionado ainda é rara e dispersa.

Enquanto algumas tecnologias estão alcançando maturidade, outras importantes tecnologias terão impactos futuros. À medida que o mundo se torna mais digital juntamente com as pessoas e informações conectadas, a economia digital em rede será cada vez mais importante. Novas oportunidades de emprego podem emergir como combinações de habilidades de seres humanos e máquinas cada vez mais capazes atacando problemas que anteriormente eram intratáveis.

Potenciais capacidades e inovações tecnológicas futuras são em grande parte imprevisíveis, com implicações e interações são complexas. Investir na coleta extensiva e efetiva de dados, infraestrutura robusta para analisar esses dados, e a pesquisa multidisciplinar permitirá uma compreensão mais profunda das mudanças emergentes na tecnologia e na força de trabalho.

Uma abordagem que buscasse olhar para a realidade brasileira teria sido bastante interessante. Já que faltam registros e estudos na área. O trabalho aqui apresentado se insere no contexto inicial de levantamento de diagnósticos e oportunidades que estão a diante. Pesquisar como o indivíduo trabalhador vai tirar melhor proveito dessa situação como também as organizações, estudando como esse valor é gerado para ambos é um grande desafio à frente.

## 6.Apêndice A - Breve História da IA

Para compreender melhor a “expansão do universo digital” e como avanços relacionadas à IA podem incrementar oportunidades em diversos setores a partir da automatização de tarefas, cabe aqui uma breve descrição da história do desenvolvimento da IA.

A IA pode ser entendida como uma ciência formada por um conjunto de tecnologias computacionais que são inspiradas, mas tipicamente operam de modo bastante diferente, pelas formas como as pessoas usam seus sistemas nervosos e corpos para sentir, aprender, raciocinar e agir [1]. Apesar do termo “*Artificial Intelligence*”, ter nascido oficialmente e batizado em 1956 [1] [31] em um *workshop* que com objetivo investigar formas pelas quais máquinas pudessem simular aspectos de inteligência, foi em 1950, que Alan Turing com seu famoso trabalho “*Computing Machinery and Intelligence*”<sup>40</sup> estabeleceu a ideia da IA.

Turing propôs a seguinte pergunta: “Can machines think?” (“As máquinas podem pensar?”), propondo também o famoso “Turing Test” para responder esta questão[29]. Turing imaginou a possibilidade de computadores criados para simular inteligência e explorar vários dos aspectos que hoje são associados com IA, incluindo como a inteligência pode ser testada e como máquinas poderiam aprender automaticamente [1]. A partir de Turing diversas áreas na busca do desenvolvimento da IA surgiram entre as décadas de 50 e 70. Como por exemplo, estudos pioneiros e avanços na busca heurística que está relacionado com a melhoria do desempenho da resolução de problemas [32], ou pode ser entendida com um procedimento eficiente para encontrar soluções em grandes espaços combinatórios [1].

Áreas de apoio como Processamento de Linguagem Natural já mostravam avanços recentes no reconhecimento de fala<sup>41</sup>. Como também avanços na robótica

---

<sup>40</sup> A. M. Turing, “Computing Machinery and Intelligence,” *Mind* 59, no. 236 (1950): 433–460. Disponível em : <<http://phil415.pbworks.com/f/TuringComputing.pdf>>. Acessado em 26 de Maio de 2017.

<sup>41</sup> D. Raj Reddy, “Speech Recognition by Machine: A Review,” *Proceedings of the IEEE* 64, no.4 (April 1976), 501–531. Disponível em : <<http://www.rr.cs.cmu.edu/sr.pdf>>. Acessado em 9 de Maio 2017.

móvel com “Shakey”<sup>42</sup>. E primeiras investigações sobre *Machine Learning* com o caso de estudo do jogo de Damas de Samue<sup>43</sup>. O “*Perceptron*” de Rosenblatt<sup>44</sup>, modelo computacional baseado nos neurônios biológicos que formaram a base para o estudo das Redes Neurais Artificiais [1].

Até a década de 80 apesar de todos promissores avanços da IA ainda não contava com importantes sucessos práticos, devido a uma lacuna entre a prática e a teoria, diminuindo não só o interesse em IA como também os investimentos. Período foi chamado por Nilsson de "Inverno IA" [1] [31].

Nos altos e baixos que as pesquisas de IA passaram, alguns problemas mostraram-se ser mais difícil do que o previsto e, outros provaram intransponíveis com as tecnologias da época. Apenas no final dos anos de 1990 o progresso da pesquisa na IA começou a acelerar, à medida que os pesquisadores se concentram mais nos subproblemas da IA [6] e na aplicação da IA a problemas do mundo real como reconhecimento de imagens e diagnóstico médico.

Marcos da época que exemplificam o desenvolvimento em que se encontrava a IA, podem ser citados, como a vitória do computador jogador de xadrez da IBM *Deep Blue*, em 1997 sobre o campeão mundial Garry Kasparov. O agente cognitivo de DARPA que aprende e organiza (CALO) que posteriormente conduziu o desenvolvimento da *Siri*, da *Apple Inc.*; A vitória de *Watson*, o supercomputador da IBM de pergunta-resposta, na participação de jogo da tevê “*Jeopardy!*”; e o surpreendente sucesso dos carros auto-dirigidos nas competições DARPA Grand Challenge, nos anos 2000 [6].

A atual onda de progresso e entusiasmo sobre IA começou por volta de 2010, dirigida por fatores que se complementam. Como por exemplo, a grande

---

<sup>42</sup> Em 1972, o robô *Shakey*, fruto do trabalho de Nilsson na SRI International, hoje Instituto de Pesquisa de Stanford, foi introduzido como o primeiro robô móvel controlado por inteligência artificial. Disponível em : <[https://en.wikipedia.org/wiki/Shakey\\_the\\_robot](https://en.wikipedia.org/wiki/Shakey_the_robot)>. Acessado em 9 de Maio 2017.

<sup>43</sup> Arthur Samuel, “Some Studies in Machine Learning Using the Game of Checkers, IBM Journal of Research and Development 3, no. 3 (1959): 210—229.”, Disponível em : <<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5392560>>/ Acessado em 9 de Maio de 2017.

<sup>44</sup> Frank Rosenblatt, “The Perceptron—A Perceiving and Recognizing Automaton,” Report 85-460-1, (Buffalo, New York: Cornell Aeronautical Laboratory, 1957). Disponível em : <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0019995870904092>>. Acessado em 9 de Maio de 2017.

disponibilidade de dados de diferentes fontes fornecem material que ajuda a melhorar abordagens de AM. A indústria também vem aumentando seu investimento em IA, como disse *Sundar Pichai CEO da Google*, afirmando que AM é a principal maneira pela qual o *Google* vem repensando como eles fazem tudo e que estão aplicando cuidadosamente na maioria de seus produtos<sup>45</sup>. A visão da IA impactando em como as organizações criam suas soluções está cada vez mais difundida pelos CEOs das grandes organizações.

## **7.Apêndice B: Modelo transformativo para aplicação de análise de dados**

Questões estratégicas de liderança e estrutura organizacional são os maiores desafios quando se buscam os objetivos da análise de dados. Como: Projetar uma estrutura organizacional que esteja apropriada para dar suporte aos dados e atividades de analítica; Garantir o envolvimento da alta administração; e projetar a arquitetura de dados e infraestrutura para dar suporte a análise de dados (ilustração 8) [18]. Juntamente com dificuldades em encontrar e recrutar talentos nas áreas de “*analytics*” maiores do que qualquer outro tipo de talento. O que corrobora com a questão da demanda de cidadãos “alfabetizados em dados” [6], que estão em falta no mercado.

Esses desafios só tornam o ritmo para adoção da analítica de dados lenta, em alguns dos domínios (ilustração 8). O que aponta o fato de que muitas empresas que começam a implantar dados e análises sem perceberem ainda seu valor total, muitas vezes, estão respondendo à pressões competitivas, aumentando os investimentos em tecnologia mas sem conseguir fazer as mudanças organizacionais necessárias, acelerar as transformações analíticas ou alcançar seus objetivos.

Uma estratégia de transformação eficaz [18] considera 5 componentes básicos:

1. O primeiro componente propõe ter a resposta de algumas perguntas fundamentais que podem guiar a visão estratégica:

---

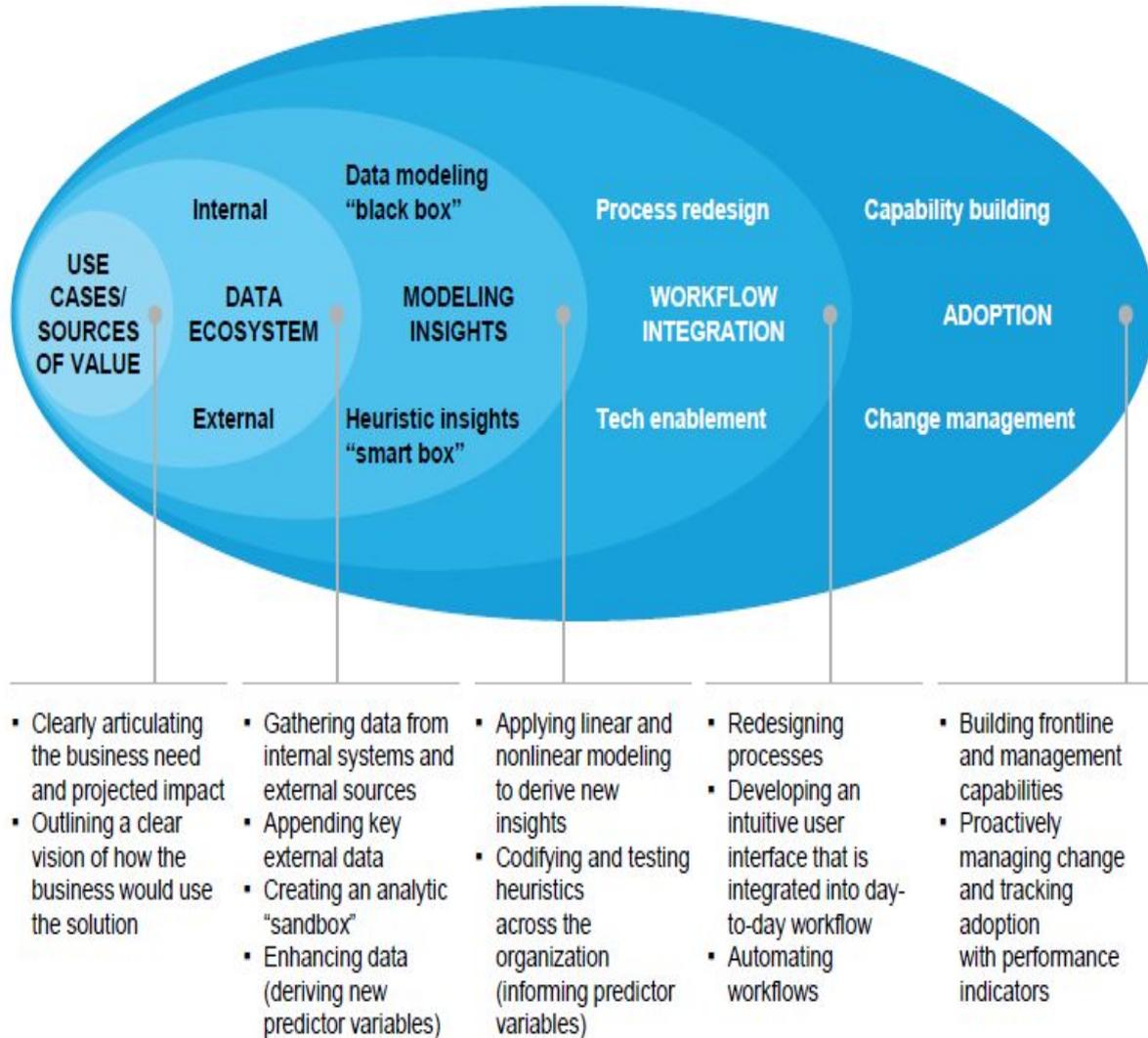
<sup>45</sup> Steven Levy, “How Google is Remaking Itself as a Machine Learning First Company,” Backchannel, June 22, 2016, Disponível em: <<https://backchannel.com/how-google-is-remaking-itself-as-a-machine-learning-first-company-ada63defcb70>>. Acessado em 22 de Junho de 2017.

- a. Para que serão utilizados dados e análises?
  - b. Como os insights gerarão valor?
  - c. Como o valor será medido?
2. O próximo elemento é construção da arquitetura subjacente de dados, bem como a coleta e capacidade geração de dados. Nesse ponto empresas com sistemas legados têm dificuldade de migrar seus antigos sistemas para uma arquitetura mais ágil e flexível para armazenar e aproveitar uma grande quantidade de dados. Essa dificuldade se dá pela necessidade de digitalizar suas operações mais completamente, capturando mais dados de suas interações com clientes, cadeias de suprimentos, equipamentos e processos internos.
  3. O terceiro componente é adquirir capacidades analíticas necessárias para derivar insights a partir de dados. As organizações podem optar por utilizar capacidades internas ou terceirizar para especialistas.
  4. O quarto componente, um dos obstáculos mais desafiadores, trata-se de mudar os processos de negócios para incorporar os insights do dados no fluxo de trabalho atual. O que exige obter os insights corretos nas mãos das pessoas certas.
  5. Por último, as organizações precisam desenvolver a capacidade do seu capital humano, executivos e gerentes, para poder aproveitar ao máximo os insights que a análise dos dados traz, e tornar eles(insights) base para tomada de decisões.

Um esquema do modelo proposto [18] pode ser visto na ilustração abaixo:

**Ilustração 19: Uma estratégia de transformação eficaz de adoção de analítica pode ser dividida em vários componentes.**

Successful data and analytics transformation requires focusing on five elements



SOURCE: McKinsey Analytics; McKinsey Global Institute analysis

Fonte: [18]

## 8.Referências e Bibliografia

- [1] STANFORD UNIVERSITY, “Artificial Intelligence and Lie in 2030 - One Hundred Year Study on Artificial Intelligence (AI100)”. Disponível em: <<https://ai100.stanford.edu>>. Acessado em: Acessado em: 25 de Maio de 2017
- [2] ACCENTURE.“Why Artificial Intelligence is the Future of Growth”. Disponível em: <[https://www.accenture.com/us-en/\\_acnmedia/PDF-33/Accenture-Why-AI-is-the-Future-of-Growth.pdf](https://www.accenture.com/us-en/_acnmedia/PDF-33/Accenture-Why-AI-is-the-Future-of-Growth.pdf)>. Acessado em: 25 de Maio de 2017
- [3] Russell, Stuart J., and Peter Norvig. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. 3rd ed. Prentice Hall Series in Artificial Intelligence. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, ©2010.
- [4] The Artificial Intelligence vs. Intelligence Augmentation Debate | Monty Guild | FINANCIAL SENSE. 2017. Disponível em: <<http://www.financialsense.com/contributors/guild/artificial-intelligence-vs-intelligence-augmentation-debate>>. Acessado em 12 Julho de 2017.
- [5] Engelbart D. C. 1962. Augmenting Human Intellect: A Conceptual Framework. Disponível em: <<http://www.dougenelbart.org/pubs/augment-3906.html>>. Acessado em 12 Julho 2017.
- [6] The White House,“Preparing for the Future of Artificial Intelligence”. Disponível em:<[https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/whitehouse\\_files/microsites/ostp/NSTC/preparing\\_for\\_the\\_future\\_of\\_ai.pdf](https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/whitehouse_files/microsites/ostp/NSTC/preparing_for_the_future_of_ai.pdf)>. Acessado em: Acessado em: 25 de Maio de 2017.
- [7] McKinsey & Company. “Where machines could replace humans--and where they can't(yet)”. Disponível em: <<http://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/where-machines-could-replace-humans-and-where-they-cant-yet>>. Acessado em: 25 de Maio de 2017.
- [8] The White House,“Artificial Intelligence,Automation, and the Economy”. Disponível em:

<<https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/whitehouse.gov/files/documents/Artificial-Intelligence-Automation-Economy.PDF>>. Acessado em: 25 de Maio de 2017.

[9] PIOVESAN, Armando; TEMPORINI, Rita apud THEODORSON, G. A. & THEODORSON, A. G.(1995). Pesquisa exploratória: procedimento metodológico para o estudo de fatores humanos no campo da saúde pública. Sítio Scielo Public Health. Disponível em: <[http://www.scielo.org/scielo.php?pid=S0034-89101995000400010&script=sci\\_arttext&lng=](http://www.scielo.org/scielo.php?pid=S0034-89101995000400010&script=sci_arttext&lng=)>. Acessado em 17 de abril de 2010.

[10] WIRED. 2017. "Bill Gates Is Wrong: The Solution to AI Taking Jobs Is Training, Not Taxes". Disponível em : <<https://www.wired.com/2017/04/bill-gates-wrong-solution-ai-taking-jobs-training-not-taxes/>>. Acessado em 14 de Junho de 2017.

[11] Benedikt F., Osborne M. A. "The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation?". Disponível em: <[http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The\\_Future\\_of\\_Employment.pdf](http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf)> . Acessado em: 26 de Maio de 2017.

[12] Tabolt D. "'Tectonic Shifts' in Employment" MIT Technology Review. Disponível em: <<https://www.technologyreview.com/s/426436/tectonic-shifts-in-employment/>>. Acessado em 26 de Maio de 2017.

[13] D. Acemoglu; P Restrepo. "Secular Stagnation? The Effect of Aging on Economic Growth in the Age of Automation". Disponível em: <<https://economics.mit.edu/files/12536>>. Acessado em 4 de mar de 2017.

[14] Hansen, A. "Economic Progress and the Declining Population Growth" American Economic Review". Disponível em: <<http://digamo.free.fr/hansen39.pdf>> Acesso em 4 de mar de 2017.

[15] Visual Capitalist. 2017. "Fertility Rates Keep Dropping, and it's Going to Hit the Economy Hard". Disponível em: <<http://www.visualcapitalist.com/fertility-rates-dropping-economy/>>. Acessado em 27 de Maio de 2017.

- [16] Gordon, R. "The Rise and Fall of American Growth, Princeton University Press" Princeton New Jersey 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/WWuFK6>> Acesso em 4 de mar de 2017.
- [17] SANDRONI, P. "Novíssimo Dicionário de Economia - Fatores de produção". 1999; p. 235. Disponível em: <<http://sinus.org.br/2014/wp-content/uploads/2013/11/FMI.BMNov%C3%ADssimo-Dicion%C3%A1rio-de-Economia.pdf>>. Acessado 30 Maio 2017.
- [18] McKinsey, "The Age of Analytics: Competing in a Data-Driven world". Disponível em:<<http://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-analytics/our-insights/the-age-of-analytics-competing-in-a-data-driven-world>> Acessado em Acesso em 4 de Março de 2017.
- [19] Goodfellow I., Bengio Y., Courville A., "Deep Learning" 2016. Disponível em: <<http://www.deeplearningbook.org>>. Acessado em 30 de Maio de 2017.
- [20] LeCun, Y., Bengio, Y. and Hinton, G., 2015. Deep learning. Nature, 521(7553), pp.436-444. Disponível em: <<http://pages.cs.wisc.edu/~dyer/cs540/handouts/deep-learning-nature2015.pdf>>.
- [21] Santens S. "Deep Learning Is Going to Teach Us All the Lesson of Our Lives: Jobs Are for Machines" - Medium. Disponível em: <<https://medium.com/basic-income/deep-learning-is-going-to-teach-us-all-the-lesson-of-our-lives-jobs-are-for-machines-7c6442e37a49>>. Acessado em 30 Maio de 2017.
- [22] Dvorkin M. "Jobs Involving Routine Tasks Aren't Growing", 2017. Disponível em: <<https://www.stlouisfed.org/on-the-economy/2016/january/jobs-involving-routine-tasks-arent-growing>>. Acessado em 30 Maio de 2017.
- [23] The National Academies of Sciences-Engineering-Medicine, "Information Technology and the U.S. Workforce: Where Are We and Where Do We Go from Here?", 2017. Disponível em: <<https://www.nap.edu/catalog/24649/information-technology-and-the-us-workforce-where-are-we-and>>. Acessado em 30 Maio de 2017.

- [24] Mitchell T.; Brynjolfsson E. "Track how technology is transforming work" Nature. Disponível em : <http://www.nature.com/news/track-how-technology-is-transforming-work-1.21837#shiffts>>. Acessado em 27 de Maio de 2017.
- [25] BRYNJOLFSSON, E., & MCAFEE, A. (2011). "Race against the machine: how the digital revolution is accelerating innovation, driving productivity, and irreversibly transforming employment and the economy". Lexington, Mass, Digital Frontier Press. Disponível em: <http://b1ca250e5ed661ccf2f1-da4c182123f5956a3d22aa43eb816232.r10.cf1.rackcdn.com/contentItem-5422867-40675649-ew37tmdujwhnj-or.pdf>>. Acessado em 30 Maio de 2017.
- [26] Smith A. (2016). "Public Predictions for the Future of Workforce Automation," Pew Research Center". Disponível em: [http://www.pewinternet.org/files/2016/03/PI\\_2016.03.10\\_Workforce-Automation\\_FINAL.pdf](http://www.pewinternet.org/files/2016/03/PI_2016.03.10_Workforce-Automation_FINAL.pdf)>. Acessado 30 Maio 2017.
- [27] Bureau of Labor Statistics, U.S. Department of Labor, Occupational Outlook Handbook, 2016-17 Edition, Cashiers. Disponível em: <https://www.bls.gov/ooh/sales/cashiers.htm>>. Acessado em 6 de Junho de 2017.
- [28] Melanie Hicken. 2017. McDonalds to give a pay raise to hourly workers - Apr. 1, 2015. Disponível em: <http://money.cnn.com/2015/04/01/news/companies/mcdonalds-pay-raise/>>. Acessado em 18 de Julho de 2017.
- [29] McKinsey & Company. 2017. "Harnessing automation for a future that works". Disponível em: <http://www.mckinsey.com/global-themes/digital-disruption/harnessing-automation-for-a-future-that-works>>. Acessado em 13 Junho de 2017.
- [30] Harvard Business Review. 2017. "How to Prepare the Next Generation for Jobs in the AI Economy" Disponível em : <https://hbr.org/2017/06/how-to-prepare-the-next-generation-for-jobs-in-the-ai-economy>>. Acessado em 14 Junho de 2017.

[31] Nilsson N. J. "The quest for artificial intelligence: a history of ideas and achievements". Disponível em: <https://ai.stanford.edu/~nilsson/QAI/qai.pdf>. Acessado 26 Maio 2017.

[32] Minsky, M. "Steps Toward Artificial Intelligence". Disponível em: <http://web.media.mit.edu/~minsky/papers/steps.html>>. Acessado em 2 de Maio de 2017.

## Assinaturas

---

Pedro de Brito Cavalcanti Neto

Orientando

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized initial 'P' followed by a cursive flourish that loops back to the right.

---

José Carlos Cavalcanti

Orientador